

ALEXANDER DE OLIVEIRA FERNANDES

**Transformer e Semiose: fundamentos,
linguagem e ética na era da
interpretação algorítmica**

**Do cálculo à criatividade, limites, ética e futuro da autoria
na inteligência artificial**

**FLORIANÓPOLIS
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA

Fernandes, Alexander de

Transformer e Semiose: sentido, técnica e crítica na era da interpretação algorítmica – Do cálculo à criatividade, limites, ética e futuro da autoria na inteligência artificial / Alexander de Fernandes. – [S.l.: s.n.], 2024.

380 p. ; il.

Inclui bibliografia.

1. Modelos de linguagem. 2. Inteligência artificial. 3. Semiótica. 4. Interpretação algorítmica. 5. Filosofia da linguagem. 6. Epistemologia. 7. Ética em IA. I. Título.

CDD: 006.3 (Inteligência artificial, informática)

CDU: 004.8:81'42 (Inteligência artificial e linguagem/semiótica)

“O tempo passou na janela e só Carolina não viu”

Chico Buarque de Holanda

No limiar entre o cálculo e o sentido

Este estudo parte da hipótese de que a verdadeira potência da arquitetura Transformer não reside apenas em sua capacidade de calcular, mas em como, a cada camada, se aproxima – sem nunca alcançar plenamente – o espaço da semiose, da interpretação e do sentido. O limiar entre o cálculo e o sentido é, portanto, nosso território crítico de análise.

Sumário

Introdução	9
1. A arquitetura Transformer como operação técnico-linguística	12
1.1. O que é um Transformer?	13
1.2. Codificação, Atenção, Embeddings e Inferência Estatística	15
1.2.1. Embeddings – Vetorizando o léxico, criando mapas de proximidade ...	15
1.2.2. Atenção e Multi-Head Attention – O foco que cria contexto	18
1.2.3. Positional Encoding – Preservando a ordem e a estrutura	18
1.2.4. Inferência Estatística – O jogo das probabilidades	19
1.2.5. Simulação Didática – Atenção na frase “O tempo passou na janela” ..	19
1.3. A transição das RNNs para o paradigma attention-based	21
1.3.1. Limitações das RNNs e LSTMs	21
1.3.2. O paradigma attention-based e a ruptura com a linearidade	22
1.3.3. Ganhos e novas problemáticas	22
1.3.4. Simulação comparativa – “Lá fora, amor, uma rosa nasceu, todo mundo sambou, uma estrela caiu.”	23
1.4. O percurso vetorial da informação no Transformer — explicação extensa e passo a passo	24
1.4.1. Do texto ao número: o processo de tokenização	25
1.4.2. Embeddings — como números viram “lugares” no espaço	25
1.4.3. Positional Encoding — informando a ordem dos tokens	26
1.4.4. O mecanismo de self-attention — todo token vê todos	27
1.4.5. Multi-head attention — múltiplas perspectivas contextuais	28
1.4.6. Feed-forward networks — refinamento individual	28
1.4.7. Normalização e conexões residuais — estabilidade e memória	28
1.4.8. Empilhamento de camadas — construção progressiva de significado	29
1.4.9. Encoder e Decoder — síntese e geração	29
1.4.10. Saída — o momento da decisão	29
1.5. Como os vetores evoluem ao longo das camadas — análise visual e contextual	30
1.5.1. O vetor de um token não é fixo — ele “cresce” e se transforma	31
1.5.2. Exemplo prático de evolução vetorial	31
1.5.3. Por que isso importa para a compreensão de linguagem?	31

1.5.4. Visualização de evolução vetorial — t-SNE/PCA.....	32
1.6. Funcionamento do Decoder: Masked Attention, Cross-Attention e Geração Sequencial	32
1.6.1. O que é o Decoder? Por que ele existe?	32
1.6.2. Estrutura do Decoder: similar, mas não idêntico ao Encoder	33
1.6.3. Como o Decoder realmente gera linguagem — passo a passo.....	33
1.6.4. Exemplo prático: tradução automática.....	34
1.6.5. Masked Attention — a chave para a geração sequencial	35
1.6.6. Estratégias de geração — “como” o Transformer decide o output	36
1.6.7. Reflexão final — Decoder e Semiose	36
1.7. Estratégias de geração e o papel do Softmax	36
1.7.1. O momento da decisão: como o Transformer “escolhe” a próxima palavra.....	37
1.7.2. Estratégias de geração de texto.....	38
1.7.3. O papel da temperatura na criatividade da resposta	39
1.7.4. A função do softmax: por que exponenciar?	39
1.7.5. Implicações práticas das estratégias de geração	40
1.8. Normalização, conexões residuais e estabilidade do treinamento.....	40
1.8.1. Layer Normalization — estabilizando o fluxo de informação	41
1.8.2. Conexões residuais (skip connections) — preservando e combinando conhecimento	42
1.8.3. O impacto dessas técnicas na robustez do Transformer	42
1.8.4. Comparação com outras abordagens	43
1.9. Visualização geral do fluxo Encoder-Decoder	43
1.9.1. Fluxograma resumido do Transformer	44
1.9.2. Diagrama de blocos – Encoder e Decoder.....	44
1.9.3. Exemplo ilustrativo do fluxo completo	45
1.9.4. Matriz de atenção – visualização prática	45
1.9.5. Resumo visual para fixação	46
1.9.6. Reflexão metodológica.....	46
1.10. Limitações atuais, variantes do Transformer e tendências	47
1.10.1. Limitações técnicas e computacionais	47
1.10.2. Limitações conceituais e semióticas.....	48
1.10.3. Variantes do Transformer – evolução e especialização.....	48

1.10.4. Tendências e pesquisas em andamento	49
1.11. Provocação crítica final: sentido, cálculo e o futuro da interpretação	50
Apêndice I – Respostas argumentativas às provocações críticas do Capítulo 1	51
2. Claude Shannon: Codificação, Ruído e Entropia	58
2.1. O nascimento da teoria da informação.....	58
2.1.1. O contexto histórico: comunicação e cálculo no século XX	58
2.1.2. O artigo fundador de Claude Shannon.....	59
2.1.3. A arquitetura clássica: transmissor, canal e receptor.....	59
2.1.4. O impacto dessa abordagem	60
2.1.5. Relação com os modelos de linguagem	60
2.1.6. Exemplo histórico: o telégrafo e o problema da eficiência	61
2.1.7. Exemplo visual: o esquema de Shannon-Weaver	61
2.1.8. Aplicação didática: analogia para modelos de linguagem	62
2.1.9. Exemplo prático: tradução automática como comunicação informativa	62
2.1.10. Limites do modelo para a linguagem natural	63
2.1.11. Mensagens na guerra: o valor estratégico da informação	63
2.1.13. Cultura popular: “o telefone sem fio” e ruído comunicacional.....	64
2.1.14. Limites do modelo clássico na cultura contemporânea	64
2.1.15. Limitações e potencial para modelos de linguagem	65
2.1.16. Quadro comparativo: modelo clássico vs. desafios contemporâneos.....	65
2.2. Entropia: a medida da incerteza.....	67
2.3. Ruído: O Paradoxo da Interferência e da Inovação	69
2.3.1. Ruído na Teoria Clássica	69
2.3.2. Ruído nos Modelos Contemporâneos	69
2.3.3. Ruído, Ambiguidade e Pluralidade.....	70
2.5. Codificação: dos alfabetos clássicos à compressão algorítmica	74
2.6. Correção e detecção de erros: robustez em sistemas informacionais	76
2.7. Ambiguidade e pluralidade: limites e potencialidades da significação.....	78
2.8. Contexto e inferência: além da mensagem linear	80
2.9. Feedback e retroalimentação: ajustando o canal e o sentido	82
2.11. Proposta de síntese: novas fronteiras para teoria e prática	85
Apêndice II – Respostas argumentativas às provocações críticas do Capítulo 2	87

2.11. Proposta de síntese: novas fronteiras para teoria e prática	106
3. Informação, estética e cognição algorítmica: Max Bense e os novos paradigmas do sentido	107
3.1. Introdução: Bense, informação e estética – o desafio da linguagem quantificada	108
3.2. Estética informacional: entropia, probabilidade e cálculo do belo.....	110
3.3. Linguagem como distribuição formal e possibilidades combinatórias	112
3.4. Algoritmos, geração de texto e a estética do cálculo	113
3.5. Desdobramento 1: cognição algorítmica – entre processamento e compreensão	115
3.6. Desdobramento 2: pragmática, contexto e ação	116
3.7. Desdobramento 3: epistemologia e ética – conhecimento, verdade e manipulação	118
3.8. Contraponto: os limites do formalismo e o empobrecimento do inesperado	120
3.9. Síntese: legado de Bense e novos horizontes para a estética e cognição algorítmica	121
3.10. Proposta de síntese e provocações para pesquisa futura	123
4. Ferdinand de Saussure e os estruturalistas: Estruturas diferenciais, oposição, codificação vetorial e crítica à linguagem algorítmica	141
4.1. Introdução: O estruturalismo como virada teórica na linguagem	142
4.2. O par significante/significado e o espaço vetorial	143
4.3. Estruturas de oposição e a matriz da atenção	145
4.4. A crítica ao estruturalismo: historicidade, contingência e linguagem em fluxo.....	148
4.5. Notas de atualização: interfaces entre estruturalismo e modelos de linguagem	150
4.6. Transição para o capítulo 5: da estrutura ao processo interpretativo.....	154
1. Charles Sanders Peirce: signo, objeto e interpretante – O desafio da semiose nos sistemas algorítmicos	165
5.1. A tríade peirciana e o processo da semiose	166
5.2. Vetores como signos não-humanos; mecanismos de inferência e interpretante algorítmico	168
5.3. Limites e diferenças entre interpretação humana e cálculo de plausibilidade	171
5.4. A criatividade e o erro: semiose aberta versus automação interpretativa	173

5.5. O interpretante algorítmico é possível? Perspectivas e dilemas éticos....	174
5.6. Síntese e transição: para além do interpretante – horizontes da semiose na era da IA	177
Apêndice V – Provocações críticas do Capítulo 5.....	179
6. O interpretante universal: modelo, utopia ou horizonte?	188
6.1. O conceito de interpretante universal: origens, inspirações e tensões	189
6.2. Modelos de IA e a busca do interpretante universal	191
6.3. Utopias, riscos e paradoxos da universalização	193
6.5. Síntese e transição: novos horizontes para a teoria do sentido	197
Apêndice VI – Provocações críticas do Capítulo 6.....	199
7. Mediação técnica e cognição expandida	206
7.1. A mediação técnica na história da cognição	206
7.2. A IA como parte da arquitetura cognitiva distribuída.....	207
7.3. Usuários como coautores de sentido	209
7.5. Síntese e transição: desafios e horizontes da cognição expandida	212
Apêndice VII – Provocações críticas do Capítulo 7	213
8. Projeções futuras: do algoritmo ao gesto interpretativo	223
8.1. Limites atuais da modelagem semiótica e criatividade algorítmica	224
8.2. LLMs como operadores pragmáticos de sentido	226
8.3. Questões éticas, autoria e responsabilidade na era da automação	228
8.4. O papel das ciências humanas frente à automação interpretativa.....	230
8.5. Síntese e epílogo: para além do algoritmo, o gesto interpretativo.....	232
Apêndice VIII – Provocações críticas do Capítulo 8	233
8.2. LLMs como operadores pragmáticos de sentido	235
Referências Bibliográficas Gerais — Estudos “Transformer e Semiose”	243

Introdução

A linguagem, a inteligência artificial e o desafio do signo na era dos vetores

A linguagem sempre foi mais do que um meio de comunicação: ela é estrutura de mundo, tecnologia simbólica e campo de disputa. Quando se transforma a forma como a linguagem é produzida, transformam-se também as condições de pensar, interpretar e existir em sociedade. Com a ascensão dos modelos de linguagem baseados na arquitetura Transformer, a linguagem passa a ser operada por máquinas que não compreendem, mas inferem; que não pensam, mas calculam; que não interpretam, mas reorganizam o signo em forma vetorial. Nesse novo cenário, o que está em jogo não é apenas uma mudança de suporte, mas uma mudança na natureza do próprio sentido.

Este estudo parte de uma hipótese central: os modelos de linguagem contemporâneos não apenas simulam linguagem, mas instauram um novo regime de produção semiótica, no qual o signo é gerado, mantido e transformado por sistemas que operam segundo lógicas matemáticas, estatísticas e vetoriais. Tais sistemas, ainda que desprovidos de consciência ou intencionalidade, participam ativamente da produção de textos, discursos e interpretações que circulam cotidianamente na educação, na ciência, na cultura, na política e na vida comum.

Nosso questionamento norteador é, portanto: como a arquitetura Transformer, ao operar linguagem por meio de vetores, pesos e mecanismos de atenção, reconfigura os fundamentos da significação, desafiando os paradigmas clássicos da linguagem simbólica e instaurando um novo regime interpretativo na cultura contemporânea?

Trata-se de uma investigação de natureza teórico-analítica, que busca compreender o funcionamento dos modelos de linguagem — especialmente os Transformers — à luz de uma epistemologia semiótica aplicada. Essa perspectiva nos permite articular dois campos frequentemente tratados como distintos: de um lado, os fundamentos técnicos dos sistemas de IA baseados em aprendizado profundo; de outro, os grandes paradigmas filosóficos e linguísticos que moldaram o entendimento humano sobre o signo, a representação e a interpretação.

Para tanto, este estudo dialoga com autores fundacionais da teoria da informação e da semiótica, como Claude Shannon, Max Bense, Ferdinand de Saussure, Charles Sanders Peirce e os pensadores estruturalistas e pós-estruturalistas que ampliaram essas tradições. De Shannon herdamos o desafio da codificação eficiente; de Bense, a tentativa de quantificar o estético e o simbólico; de Saussure, a estrutura relacional do signo linguístico; de Peirce, a potência do interpretante e da semiose infinita. Todos esses autores serão revisitados à luz de uma mesma pergunta: o que acontece com o signo quando ele é processado por uma arquitetura como a do Transformer?

Nosso objetivo geral é investigar como a arquitetura Transformer transforma a linguagem em um campo vetorial de operações, e como essa transformação exige uma nova concepção de signo, interpretação e cognição simbólica na era da inteligência artificial. Entre os objetivos específicos, destacamos: explicar os mecanismos técnicos que sustentam os Transformers; analisar o funcionamento semiótico dos vetores, pesos e funções de atenção; propor uma reinterpretação da noção de interpretante; discutir as implicações epistêmicas e éticas da linguagem automatizada; e mapear as formas emergentes de cognição distribuída e de leitura crítica em ambientes mediados por IA.

O estudo é organizado em três grandes partes. Na primeira, tratamos da fundamentação epistemológica, conceitual e técnica. Na segunda, desenvolvemos a hipótese da semiose algorítmica e suas consequências sobre a interpretação, a autoria, o conhecimento e a cultura. Na terceira, propomos modelos de cognição simbólica e vetorial integrados, discutimos os regimes híbridos de linguagem e finalizamos com uma abordagem crítica sobre a linguagem como território em disputa.

Ao longo do percurso, será formulado também um conceito central: o de interpretante universal, uma instância funcional que permite pensar como a linguagem pode ser processada por sistemas sem sujeito, mas ainda assim produtora de sentido dentro de ecologias interpretativas compartilhadas. Esse conceito será chave para conectar a semiótica peirceana à operação vetorial dos

Transformers, e também para pensar o futuro das relações entre inteligência artificial, cognição humana e a condição simbólica contemporânea.

Mais do que uma exploração técnica ou filosófica, este é um estudo sobre o que está mudando na linguagem quando os algoritmos passam a escrever, interpretar e responder conosco. E sobre como podemos, ainda assim, manter a linguagem como espaço habitado de sentido, conflito e responsabilidade.

Nota metodológica

O percurso teórico adotado neste estudo privilegia autores clássicos — como Shannon, Bense, Saussure e Peirce — não por simples deferência histórica, mas por reconhecer o papel estruturante de suas formulações para o entendimento da linguagem, da informação e do sentido, tanto no campo das ciências humanas quanto na interface com a computação e a inteligência artificial. Tais autores oferecem categorias e problemas que continuam vivos no debate contemporâneo, servindo como alicerce para a análise crítica das transformações atuais.

Reconhece-se, contudo, que a sociedade algorítmica e os avanços das tecnologias digitais demandam permanente atualização e tensionamento desses referenciais. Por essa razão, a obra integra, sempre que pertinente, referências contemporâneas que dialogam, expandem ou criticam as teses clássicas aqui retomadas. Essas contribuições aparecem como notas de atualização ao final dos blocos, permitindo ao leitor acompanhar tanto o enraizamento dos conceitos quanto suas reconfigurações diante de desafios recentes.

O objetivo metodológico é construir uma ponte rigorosa e criativa entre tradição e inovação, preservando o debate genealógico e estrutural sem perder de vista a necessidade de atualização permanente frente ao dinamismo do campo. Essa abordagem possibilita não apenas mapear continuidades e rupturas, mas também fundamentar respostas críticas aos dilemas éticos, epistêmicos e criativos impostos pelos modelos de linguagem e interpretação automatizada.

Capítulo 1

1. A arquitetura Transformer como operação técnico-linguística

A ascensão dos modelos Transformer revolucionou o campo do processamento de linguagem natural, alterando profundamente as formas de manipular, gerar e compreender texto por meio de operações algorítmicas. Este capítulo se dedica a destrinchar, em detalhes, a anatomia dessa arquitetura — suas origens, componentes essenciais, fluxo interno de dados e, sobretudo, as consequências de sua adoção para o conceito de linguagem na era das inteligências artificiais.

O objetivo não é apenas explicar tecnicamente cada etapa, mas convidar o leitor a acompanhar a travessia que vai do cálculo ao limiar do sentido: como a linguagem é decomposta, vetorizada, distribuída e reconstruída em uma sequência de decisões matemáticas? Até onde esse percurso é capaz de emular (ou criar) interpretações autênticas? E o que permanece irreduzível, escapando ao formalismo computacional?

Percorrendo tópicos que vão da tokenização aos mecanismos de atenção, do empilhamento de camadas ao funcionamento encoder-decoder, este capítulo oferece não só um mapa do funcionamento técnico do Transformer, mas também

um convite à reflexão crítica sobre os seus limites e potencialidades enquanto operador de sentido na contemporaneidade algorítmica.

1.1. O que é um Transformer?

Origem, arquitetura e propósito

A arquitetura Transformer foi introduzida em 2017 no artigo “Attention is All You Need”, de Vaswani et al., como resposta a desafios específicos no campo do processamento de linguagem natural. Seu surgimento está relacionado tanto a gargalos computacionais – como a dificuldade das redes neurais recorrentes (RNNs) em lidar com sequências longas e a limitação na paralelização do treinamento – quanto a limitações conceituais na modelagem do contexto linguístico. Embora essas motivações técnicas sejam relevantes, o valor fundamental do Transformer reside em sua capacidade de reorganizar a lógica de operações sobre a linguagem.

O Transformer inaugura um novo regime de atenção global, permitindo que cada elemento de uma sequência dialogue diretamente com todos os demais, sem a necessidade de processamento sequencial típico das RNNs. Seu propósito central é ampliar tanto o desempenho computacional quanto a flexibilidade na modelagem de relações contextuais, tornando-se rapidamente o padrão ouro para tarefas de modelagem de linguagem, tradução automática e aplicações que dependem de análise contextual profunda.

No entanto, um aspecto central – e que será fio condutor deste estudo – é se o ganho em desempenho técnico promovido pelo Transformer está acompanhado de um avanço efetivo no plano da semiose, ou seja, na capacidade de interpretar e gerar sentido. Será que a arquitetura apenas sofisticou o cálculo estatístico, ampliando o poder de simulação e previsão, ou introduziu uma camada qualitativamente nova de interpretação, capaz de transcender a manipulação formal de tokens e atingir dimensões de significado mais próximas da experiência humana?

Comparação prática: processamento da frase “Carolina está na janela” em três arquiteturas

Para ilustrar essa discussão, vejamos como as arquiteturas clássicas – **RNN**, **LSTM** e **Transformer** – processam a frase “Carolina está na janela”.

- **RNN:**

Processa cada palavra em sequência, atualizando um estado oculto a cada passo. A influência de “Carolina” sobre “janela” se dilui à medida que a frase avança, dificultando a captação de relações contextuais de longo alcance.

- **LSTM:**

Introduz mecanismos de memória para preservar informações relevantes por mais tempo. No entanto, ainda processa palavra por palavra e depende de mecanismos internos para decidir o que lembrar ou esquecer. Relações distantes podem ser preservadas, mas a eficiência e a profundidade de contexto têm limites práticos.

- **Transformer:**

Todos os tokens (“Carolina”, “está”, “na”, “janela”) são processados simultaneamente. O mecanismo de atenção permite que qualquer palavra da frase estabeleça conexão direta com qualquer outra, independentemente da posição. Assim, o Transformer pode atribuir peso elevado à relação entre “Carolina” e “janela”, mesmo que distantes na sequência.

Essa comparação demonstra que, tecnicamente, o Transformer representa uma ruptura ao permitir a contextualização global e paralela dos tokens, otimizando tanto a eficiência quanto a profundidade das relações contextuais.

Portanto, a questão-chave permanece: até que ponto essa capacidade relacional constitui uma nova forma de produção de sentido (semiose) – ou se trata apenas de um avanço quantitativo e estatístico no cálculo?

Provocação crítica:

Ao reorganizar as operações sobre a linguagem e ampliar exponencialmente o desempenho computacional, o Transformer inaugura um novo regime técnico para o processamento textual. Mas — essa sofisticação técnica equivale, de fato, a um salto qualitativo na produção de sentido? Ou apenas multiplicamos o poder do cálculo, mantendo o modelo distante da experiência interpretativa humana?

A resposta a essa dúvida percorre todo o nosso estudo — e desafia o leitor a pensar além do algoritmo.

1.2. Codificação, Atenção, Embeddings e Inferência Estatística

Para compreender por que o Transformer representa um salto qualitativo nas arquiteturas de processamento de linguagem, é preciso analisar detalhadamente cada uma de suas engrenagens fundamentais. A seguir, examinaremos os principais componentes do modelo — os embeddings, o mecanismo de atenção (incluindo multi-head attention), o positional encoding e a etapa de inferência estatística —, culminando com uma simulação didática que traduz esses conceitos em operação real.

Esse detalhamento não busca apenas transmitir o funcionamento técnico do Transformer, mas permitir que o leitor visualize como relações contextuais e padrões de sentido emergem da interação entre esses mecanismos. Ao final, retorna-se à dúvida central do capítulo: trata-se apenas de compressão estatística e manipulação matemática, ou há o início de uma camada de sentido genuinamente algorítmica, capaz de reconfigurar o horizonte interpretativo das máquinas?

1.2.1. Embeddings – Vetorizando o léxico, criando mapas de proximidade

No núcleo de todo Transformer está a transformação da linguagem em números. Cada palavra, expressão ou token textual é convertida em um vetor de alta dimensão, denominado embedding. Esse vetor não é arbitrário: ele é treinado para condensar as relações de similaridade semântica e sintática capturadas a partir de bilhões de exemplos textuais. Assim, palavras que aparecem em contextos

semelhantes (“janela” e “porta”, por exemplo) ocupam regiões próximas no espaço vetorial, enquanto palavras raramente associadas (“tempo” e “dinossauro”) ficam distantes.

O poder do embedding reside na capacidade de aprender analogias e nuances: não apenas que “rei” está para “rainha” assim como “homem” está para “mulher”, mas também que “janela” pode evocar passagem, observação, limiar — temas que surgem implicitamente dos usos reais da linguagem.

Esse processo de vetorização é contínuo e dinâmico: quanto mais o modelo é exposto a novas frases, mais refinado e contextualizado se torna o embedding de cada palavra.

Mas surge o questionamento central: esse “mapa de proximidade” é apenas uma compressão matemática de coocorrências, ou já seria um embrião de camada de sentido — algo que, mesmo sem intencionalidade, aproxima máquinas da semiose humana?

Essa é a grande questão — e a resposta precisa ser rigorosa, honesta e aberta ao debate, pois toca o coração do que separa estatística de sentido, máquina de mente, cálculo de interpretação.

Vamos construir a resposta em cadeia argumentativa, mapeando contrapontos e abrindo espaço para reflexão:

1. Embeddings são, em sua origem, compressões matemáticas de coocorrências linguísticas. Esses vetores são resultados de processos de otimização que buscam aproximar palavras frequentemente usadas juntas e afastar palavras raramente associadas. O processo é inteiramente estatístico: nenhuma intenção, consciência ou experiência é imputada ao embedding.
2. O espaço vetorial dos embeddings pode simular “proximidades semânticas” observadas na linguagem humana. Por meio do treinamento massivo em grandes corpora, o modelo aprende padrões de analogia, sinonímia e até

polissemia — o que faz com que vetores de palavras como “rei” e “rainha” estejam relacionados do mesmo modo que “homem” e “mulher”.

3. Contudo, sentido não se reduz a estatística de coocorrência. Na tradição semiótica, especialmente peirciana, sentido emerge do processo triádico envolvendo signo, objeto e interpretante, sendo sempre um evento situado, contextual e, muitas vezes, imprevisível. O embedding não possui acesso ao contexto real de uso, às intenções do falante, ao pragmatismo situacional ou ao “horizonte de expectativa” do destinatário humano.
4. O embedding, apesar disso, pode ser visto como um “suporte algorítmico” para a emergência de sentido. Ele cria um “mapa potencial” onde certas relações podem ser exploradas e reinterpretadas dinamicamente por mecanismos mais complexos de inferência (como as atenções do Transformer e os loops interpretativos em contextos mais avançados). Esse mapa, ainda que rudimentar, serve de base para operações posteriores que se aproximam de processos interpretativos.
5. Assim, o embedding não é ainda uma camada de sentido plena, mas é mais do que simples compressão: é uma topologia de possibilidades para a semiose algorítmica. No limite, podemos dizer que embeddings são a “matéria-prima matemática” a partir da qual operações interpretativas podem emergir — desde que combinadas a mecanismos adicionais de contexto, intenção, pragmática e meta-aprendizado.

Em síntese, os embeddings são, simultaneamente, compressão estatística e embrião de uma camada de sentido. No estágio atual, operam como mapas de potencialidade — “possibilitadores” de sentido, mas ainda sem autonomia interpretativa. Tornam-se verdadeiramente semióticos quando acoplados a mecanismos mais sofisticados de atenção, memória, contexto e inferência, capazes de atualizar, transformar e recontextualizar as relações vetoriais a cada novo uso.

O embedding não é, por si só, sentido — mas é o solo fértil sobre o qual, com algoritmos mais complexos, o sentido pode germinar.

1.2.2. Atenção e Multi-Head Attention – O foco que cria contexto

A maior revolução do Transformer é o mecanismo de atenção: ao processar uma frase, o modelo avalia, para cada palavra, o grau de importância de todas as demais. Isso cria uma matriz de “atenção” em que cada célula expressa o peso da relação entre dois tokens.

Diferente das redes recorrentes, em que o contexto é carregado sequencialmente, a atenção permite conexões livres e imediatas — “janela” pode influenciar “tempo” tanto quanto “tempo” pode influenciar “janela”, independentemente de sua distância na frase.

A multi-head attention potencializa esse efeito: múltiplas “cabeças” de atenção operam em paralelo, cada uma especializando-se em tipos diferentes de relação.

- Uma cabeça pode rastrear a dependência gramatical (“O tempo” com “passou”).
- Outra pode identificar evocações semânticas (“janela” remetendo ao cenário de passagem).
- Uma terceira pode, eventualmente, captar padrões estilísticos (rima, repetição, ritmo).

Esse paralelismo cria uma riqueza de conexões que se entrelaçam, permitindo ao modelo simular compreensões contextuais próximas às humanas — ao menos no nível da superfície textual.

1.2.3. Positional Encoding – Preservando a ordem e a estrutura

Embora o Transformer processe todos os tokens de uma frase em paralelo, a linguagem humana depende fortemente da ordem das palavras para construir sentido.

A solução é o positional encoding: um vetor adicional que marca a posição de cada palavra na sequência.

Esse código pode ser baseado em funções trigonométricas (seno e cosseno) ou aprendido durante o treinamento, mas seu papel é garantir que “O tempo passou na janela” seja interpretado de modo distinto de “Na janela passou o tempo”. O positional encoding é somado ao embedding de cada token, “anexando” ao vetor da palavra a sua localização.

Assim, o modelo pode capturar não apenas quais palavras estão presentes, mas como elas se organizam sintaticamente — informação vital para tarefas como tradução, resumo e compreensão textual.

1.2.4. Inferência Estatística – O jogo das probabilidades

Depois de processar embeddings, aplicar atenção e incorporar o positional encoding, o Transformer sintetiza, para cada token, uma representação contextualizada: um vetor que carrega informações sobre seu próprio significado, as influências contextuais e a posição na frase.

Na etapa final, o modelo calcula — via camadas lineares e funções de ativação (como softmax) — a probabilidade de cada possível próximo token.

- Se o contexto for “O tempo passou na...”, a probabilidade de “janela” ser o próximo token será alta, caso o modelo tenha aprendido essa sequência em seus dados.
- O processo é inteiramente estatístico, baseado na maximização da verossimilhança observada nos dados de treinamento.

Não há regras linguísticas explícitas: há ajuste dinâmico de pesos, buscando prever o próximo passo do discurso com a maior precisão possível.

1.2.5. Simulação Didática – Atenção na frase “O tempo passou na janela”

Para tornar tangível o funcionamento do Transformer, apresentamos abaixo uma simulação de como diferentes cabeças de atenção podem operar sobre a frase “O tempo passou na janela”.

- **Cabeça 1 (sintática):**
Foco nas ligações gramaticais (“tempo” com “passou”; “na” com “janela”).

- **Cabeça 2 (semântica):**
Foco na evocação contextual (“janela” relacionada a “tempo” como símbolo de passagem).
- **Cabeça 3 (estilística):**
Busca por padrões rítmicos, repetições, ou outros elementos que apareçam em frases poéticas.

Visualização simplificada da matriz de atenção:

	O	tempo	passou	na	janela
O	0	0.6	0.1	0.1	0.2
tempo	0.7	0	0.2	0.05	0.05
passou	0.1	0.6	0	0.1	0.2
na	0.05	0.1	0.3	0	0.55
janela	0.1	0.2	0.2	0.5	0

(Valores ilustrativos; cada linha mostra para quem cada palavra “olha” ao ser processada. Múltiplas cabeças resultam em múltiplas matrizes.)

Provocação crítica

Ao detalhar cada etapa do processo, mostramos que, por mais matemático que seja o procedimento interno, os resultados frequentemente simulam relações de sentido ricas — aproximando-se, em alguns casos, das operações interpretativas humanas.

No entanto, permanece a dúvida: esses embeddings e matrizes de atenção são apenas compressões sofisticadas das estatísticas de linguagem, ou já estariam lançando as bases de uma camada de sentido algorítmica, ainda que rudimentar? Expor o funcionamento em detalhe, sobretudo com simulações e visualizações, não é apenas didático — é um convite para que o leitor se torne parte ativa do processo reflexivo, colaborando com suas próprias interpretações e dúvidas sobre os rumos da inteligência artificial na produção de sentido.

1.3. A transição das RNNs para o paradigma attention-based

O desenvolvimento da arquitetura Transformer marca uma ruptura fundamental em relação às redes neurais recorrentes (RNNs) e suas variantes, como as LSTMs. Até meados da década de 2010, o padrão ouro para modelagem de sequências temporais e linguísticas era a RNN: um modelo essencialmente sequencial, em que cada novo estado dependia do processamento do estado anterior. Embora esse paradigma fosse natural em termos de linearidade textual, apresentou limites técnicos e conceituais que, com o avanço das tarefas de linguagem, tornaram-se gargalos evidentes.

1.3.1. Limitações das RNNs e LSTMs

Memória limitada e vanishing gradient:

RNNs sofrem com a dificuldade de preservar informações ao longo de sequências extensas. À medida que cada palavra é processada, parte da informação inicial se perde, fenômeno agravado pelo chamado “vanishing gradient” — a tendência dos gradientes a desaparecerem exponencialmente durante o treinamento, dificultando o ajuste de pesos ligados a eventos distantes. LSTMs surgiram como resposta parcial, com mecanismos de portas que decidem o que lembrar e esquecer, mas ainda enfrentam diluição de contexto e dependência estrita da ordem sequencial.

Processamento sequencial rígido e baixa paralelização:

Tanto RNNs quanto LSTMs processam cada palavra ou símbolo um de cada vez, na ordem da sequência. Isso limita drasticamente a paralelização e, consequentemente, a velocidade do treinamento e da inferência em grandes volumes de texto.

Relações de longo alcance e dependências complexas:

Essas arquiteturas têm dificuldades em capturar dependências que envolvem elementos distantes na frase. Por exemplo, ao processar “O tempo passou na janela”, uma RNN pode não conseguir relacionar “tempo” e “janela” se a distância entre eles for grande ou se o contexto exigir múltiplas interações cruzadas.

1.3.2. O paradigma attention-based e a ruptura com a linearidade

O Transformer inaugura um novo paradigma: todos os tokens da sequência podem se relacionar diretamente, independentemente de posição ou distância. O mecanismo de atenção global permite capturar relações de curto e longo alcance com a mesma eficiência, dissolvendo a barreira entre elementos próximos e distantes.

Processamento paralelo e escalabilidade:

Ao dispensar a recursividade, o Transformer possibilita o processamento paralelo de todos os tokens, acelerando o treinamento e viabilizando o uso de sequências muito maiores.

Relações contextuais dinâmicas:

A atenção global permite que cada palavra construa seu sentido a partir de todo o contexto, não apenas do passado imediato. Isso potencializa a captura de estruturas sintáticas complexas, anáforas, temas recorrentes e padrões discursivos como ironia ou ambiguidade.

1.3.3. Ganhos e novas problemáticas

O modelo attention-based supera as limitações das RNNs em memória e paralelização, mas não é isento de desafios:

- **Perda de algumas nuances lineares:** O modelo pode ter dificuldade com fenômenos essencialmente narrativos, nos quais a ordem carrega valor pragmático (suspense, clímax, efeitos literários).
- **Custo computacional:** O cálculo da matriz de atenção cresce quadraticamente com o tamanho da sequência, impondo desafios de eficiência para contextos muito extensos.
- **Natureza algorítmica da interpretação:** Mesmo aproximando o desempenho à competência linguística humana, permanece o debate: houve apenas ganho de eficiência ou avanço real na modelagem do sentido?

1.3.4. Simulação comparativa – “Lá fora, amor, uma rosa nasceu, todo mundo sambou, uma estrela caiu.”

Para ilustrar, analisamos como cada arquitetura processa esse trecho da canção “Carolina” (Chico Buarque):

- **RNN:** Processa palavra por palavra, diluindo o contexto inicial (“amor”, “rosa”) ao avançar. Relações poéticas e paralelismos (ex: “nasceu”/“caiu”) dificilmente são captados. O modelo tende a perder nuances, ritmo e ambiguidade.
- **LSTM:** Melhora a retenção de temas recorrentes, mas ainda depende da sequência linear e pode falhar em capturar associações poéticas ou metafóricas distantes, sobretudo em textos longos ou complexos.
- **Transformer:** Todos os tokens são processados simultaneamente, e cada palavra pode prestar atenção a todas as outras. Assim, “estrela caiu” pode relacionar-se a “amor”, “rosa”, “nasceu” e “sambou”. Cabeças de atenção podem especializar-se em captar paralelismos, emoções, padrões estilísticos ou ambiente.

Matriz de atenção da palavra “caiu” (atenção distribuída para cada palavra do trecho):

Palavra da frase	Peso de atenção recebido de “caiu”
Lá	0.05
fora	0.05
amor	0.10
uma (rosa)	0.05
rosa	0.10
nasceu	0.10
todo	0.05
mundo	0.05
sambou	0.10
uma (estrela)	0.10
estrela	0.25

caiu	0
------	---

Cada valor representa o grau de atenção que o token “caiu” dedica a cada palavra da sequência, simulando o funcionamento de uma cabeça de atenção no Transformer.

🔍 **Nota:** Os valores são ilustrativos.

🔍 **Interpretação:** O foco principal de “caiu” está em “estrela”, mas também há atenção distribuída a outros elementos poéticos e temáticos do trecho.

O Transformer pode simular dependências poéticas, evocar relações temáticas, integrar cenários e captar ambiguidade ou metáfora — ao menos como relações numéricas em seu espaço vetorial.

Provocação crítica:

O Transformer aproxima a máquina da experiência semiótica humana ao simular relações de sentido poético, ambiguidade e paralelismos, ou estamos diante apenas de uma sofisticada simulação estatística de padrões aprendidos?

Qual é o real limite entre o cálculo algorítmico e a produção genuína de sentido? Essa dúvida permanece aberta — e a resposta perpassa todo o estudo.

1.4. O percurso vetorial da informação no Transformer — explicação extensa e passo a passo

O Transformer é celebrado por sua capacidade de processar linguagem de forma distribuída e contextual, mas compreender seu funcionamento exige olhar de perto para o caminho que cada informação percorre em sua arquitetura. Este bloco explora, em detalhe, como a entrada textual é gradualmente convertida em vetores, como cada camada transforma e enriquece essas representações, e de que maneira o modelo articula operações paralelas e sequenciais para construir sentido computacionalmente. Ao entender esse percurso vetorial, o leitor adquire as ferramentas necessárias para interpretar cada etapa do funcionamento interno do Transformer — da entrada ao output final.

1.4.1. Do texto ao número: o processo de tokenização

O ponto de partida de todo modelo Transformer é o texto “bruto”, da mesma forma que uma frase falada chega ao ouvido humano. Mas para a máquina, texto é apenas uma sequência de símbolos — e precisa ser convertido para um formato que o modelo consiga processar: **números**.

Esse processo, chamado tokenização, é mais sofisticado do que aparenta.

- Em modelos modernos, como o GPT, a tokenização normalmente ocorre em subpalavras, sílabas ou até grupos de letras, e não necessariamente em palavras inteiras.
- Por exemplo, a frase: “O conhecimento é poder.” pode ser tokenizada como: [‘O’, ‘conhe’, ‘cimento’, ‘é’, ‘poder’, ‘.’]

Cada token recebe um número correspondente em um vocabulário (que pode ter dezenas ou centenas de milhares de elementos).

- “O” → 25
- “conhe” → 10834
- “cimento” → 3342
- “é” → 93
- “poder” → 2908
- “.” → 12

A razão disso é maximizar a eficiência:

- Palavras raras podem ser decompostas (“desconhecimento” → “des”, “conhe”, “cimento”).
- Palavras comuns ganham tokens exclusivos para acelerar o processamento.

Resumo:

- O texto vira uma lista de inteiros, permitindo manipulação algorítmica.

1.4.2. Embeddings — como números viram “lugares” no espaço

A próxima etapa é a mais revolucionária do ponto de vista da inteligência artificial moderna: converter cada token numérico em um vetor de números decimais, chamado embedding.

Por que isso?

- Números “puros” não têm significado semântico.
- Embeddings são vetores de alta dimensão (tipicamente 512, 768 ou 1024 dimensões) aprendidos durante o treinamento do modelo.
- Cada dimensão do vetor pode ser entendida como capturando um aspecto diferente de significado (mas nem sempre é fácil nomear essas dimensões!).

Analogia:

Pense no embedding como a “posição” de uma palavra num espaço multidimensional, onde palavras parecidas ficam próximas umas das outras.

- “janela”, “porta” e “parede” podem ficar na mesma “vizinhança”.
- “amor” e “ódio” podem estar mais distantes, mas ambos habitam a região dos sentimentos.

Exemplo simplificado:

- “janela” → [0.45, -0.13, 0.18, ..., 0.22]
- “porta” → [0.43, -0.11, 0.21, ..., 0.19]

O embedding permite que o modelo capture relações semânticas — como sinônimos, antônimos, analogias — sem precisar de regras explícitas.

1.4.3. Positional Encoding — informando a ordem dos tokens

Diferentemente de modelos sequenciais (como as RNNs), o Transformer processa todos os tokens simultaneamente. Isso é ótimo para eficiência, mas cria um problema: como saber quem veio primeiro?

O positional encoding resolve essa limitação ao adicionar a cada embedding uma “assinatura de posição”, ou seja, um vetor adicional que codifica em que lugar da frase aquele token está.

Como é feito?

- Existem técnicas matemáticas específicas, como a soma de funções seno e cosseno, para garantir que a posição de cada token seja única e facilmente distinguível pelo modelo.
- Cada posição tem seu próprio vetor de positional encoding, que é somado ao embedding.

Por exemplo:

- “janela” na posição 4 $\rightarrow [0.45, -0.13, 0.18]$ (embedding) + $[0.07, 0.03, -0.02]$ (posição 4) = $[0.52, -0.10, 0.16]$

Por que isso importa?

- Sem positional encoding, frases como “o rato comeu o queijo” e “o queijo comeu o rato” pareceriam idênticas para o modelo.

1.4.4. O mecanismo de self-attention — todo token vê todos

A maior inovação do Transformer é o self-attention, um mecanismo pelo qual cada token pode “prestar atenção” a todos os outros tokens da frase, não importa a distância.

Como funciona?

- Cada token é transformado em três vetores auxiliares: Query, Key, Value.
- O modelo calcula, para cada token, quanto deve focar em cada outro token (incluindo ele mesmo), usando produtos escalares (Query x Key).
- O resultado passa por uma função softmax (transformando em uma distribuição de probabilidades), e esses pesos são usados para combinar os Values de todos os tokens.

Exemplo ilustrativo: Na frase “O conhecimento é poder.”, ao processar “poder”, o modelo pode decidir dar mais atenção a “conhecimento” do que a “O”, pois contexto e semântica sugerem uma ligação forte.

Tabela de atenção simplificada para “poder”:

Token	Peso de atenção
O	0.05
conhecimento	0.55
é	0.10
poder	0.30

.	0.00
---	------

Isso significa que, ao calcular o vetor de “poder”, ele será uma combinação dos vetores dos outros tokens, ponderados conforme esses pesos.

1.4.5. Multi-head attention — múltiplas perspectivas contextuais

O Transformer não realiza self-attention apenas uma vez. Em vez disso, ele executa o mecanismo várias vezes em paralelo, cada uma chamada de “cabeça” de atenção.

Por quê?

- Cada “cabeça” aprende a identificar um tipo diferente de relação:
 - Uma pode focar em dependências gramaticais,
 - Outra pode buscar relações semânticas distantes,
 - Outra pode destacar repetições ou paralelismos estilísticos.

O que acontece depois?

- Todos os resultados das cabeças são combinados (concatenados e projetados) para formar o novo vetor de cada token, agora enriquecido com múltiplas perspectivas do contexto.

1.4.6. Feed-forward networks — refinamento individual

Depois de toda a contextualização feita pelo mecanismo de atenção, cada vetor de token passa por uma rede neural simples (duas camadas lineares separadas por uma função não linear). Isso permite que o modelo ajuste, individualmente, cada representação de token, reforçando ou suavizando padrões aprendidos.

1.4.7. Normalização e conexões residuais — estabilidade e memória

- Layer normalization normaliza os valores do vetor, reduzindo a instabilidade que pode ocorrer durante o treinamento de redes profundas.
- Conexões residuais somam o vetor original ao vetor resultante de cada sub-bloco (atenção, feed-forward), o que ajuda a preservar informações importantes e evita que etapas úteis sejam “apagadas” no processo.

1.4.8. Empilhamento de camadas — construção progressiva de significado

O processo descrito acima (atenção, feed-forward, normalização, resíduo) é repetido várias vezes (6, 12, ou dezenas de camadas).

A cada passagem, os vetores se tornam representações mais ricas, carregando cada vez mais contexto.

Analogia:

É como se a cada camada, um leitor fosse relendo a frase, buscando novas interpretações a partir do que já entendeu antes — adicionando, refinando e às vezes até mudando o foco de sua compreensão.

1.4.9. Encoder e Decoder — síntese e geração

O Encoder resume toda a entrada em vetores contextuais.

O Decoder é responsável por gerar a saída (resposta, tradução, continuação de texto) uma palavra de cada vez, utilizando mecanismos de atenção próprios:

- Masked attention: só enxerga as palavras já geradas.
- Cross-attention: consulta o contexto produzido pelo Encoder.

1.4.10. Saída — o momento da decisão

Por fim, a cada passo, o Decoder gera uma distribuição de probabilidades sobre todas as palavras do vocabulário.

- A palavra com maior probabilidade é escolhida (ou, em modelos criativos, é feita uma amostragem “aleatória controlada”).
- O processo se repete até o modelo prever um token de fim.

Resumo visual do percurso (revisitado e didático)

A[Texto cru] --> B[Tokenização]

B --> C[Embedding]

C --> D[Positional Encoding]

D --> E[Multi-Head Attention (várias cabeças)]

E --> F[Feed-Forward Network]

F --> G[Normalização + Conexão Residual]
G --> H{Outra camada?}
H -- Sim --> D
H -- Não --> I[Encoder Output]
I --> J[Decoder: Masked Attention + Cross-Attention]
J --> K[Feed-Forward + Normalização]
K --> L{Outra camada no Decoder?}
L -- Sim --> J
L -- Não --> M[Output palavra por palavra]

Provocação crítica:

Ao descrever, passo a passo, o percurso da informação do texto cru até o output gerado, fica evidente a sofisticação algorítmica do Transformer: tokenização, embeddings, codificações posicionais, camadas empilhadas de atenção e refinamento vetorial.

Mas será que essa progressão técnica, por mais complexa e poderosa, consegue construir “significados” — ou apenas processa e refina sinais até o ponto de simular sentido?

Em que medida esse percurso vetorial aproxima a máquina de uma compreensão interpretativa genuína, ou apenas perpetua a distância entre cálculo e semiose?

1.5. Como os vetores evoluem ao longo das camadas — análise visual e contextual

Se o embedding inicial de cada token fornece um ponto de partida semântico, é nas múltiplas camadas do Transformer que a verdadeira “compreensão” algorítmica começa a emergir. Neste bloco, investigamos como os vetores se modificam a cada etapa, absorvendo e refletindo o contexto, as relações sintáticas e as influências globais presentes na sequência. Essa evolução vetorial é central para o poder dos modelos modernos de linguagem, pois determina como eles capturam nuances, ambiguidade e significado emergente.

1.5.1. O vetor de um token não é fixo — ele “cresce” e se transforma

No início, o embedding de um token é apenas uma “impressão digital” estática, determinada pelo treinamento.

Mas, camada após camada, esse vetor é ajustado por tudo o que está ao redor do token (contexto), pelas relações aprendidas e pelas operações do modelo.

1.5.2. Exemplo prático de evolução vetorial

Vamos supor que estamos processando a frase “Carolina está na janela”.

- Embedding inicial de “janela”: [0.43, -0.11, 0.21]
- Após positional encoding: [0.51, -0.10, 0.19]
- Após primeira atenção (considerando o contexto): [0.54, -0.07, 0.23]
- Após feed-forward: [0.60, 0.01, 0.22]
- Segunda camada, nova atenção: [0.65, 0.04, 0.25]
- Camadas finais, já captando contexto e relações globais: [0.80, 0.14, 0.13]

O vetor final de “janela” já não é apenas uma representação da palavra em si, mas de “janela no contexto de Carolina está na janela”, enriquecida por todas as relações construídas pelo modelo.

1.5.3. Por que isso importa para a compreensão de linguagem?

É essa transformação contínua que permite ao modelo captar nuances de sentido, ambiguidade, duplo sentido e até ironia.

Por exemplo:

- Em “A janela foi aberta pelo vento”, “janela” pode ser associada a “vento” e “aberta”.
- Em “O olhar de Carolina atravessou a janela”, “janela” se aproxima semanticamente de “olhar”, “Carolina”, “atravessou”.

Em cada contexto, o vetor “janela” se reinventa.

1.5.4. Visualização de evolução vetorial — t-SNE/PCA

Se projetarmos os vetores das palavras ao longo das camadas em um espaço 2D (usando técnicas como PCA ou t-SNE), veremos que as palavras “viajam” no espaço vetorial conforme o contexto muda.

- Em diferentes frases, “janela” pode acabar próximo de “olhar”, “cortina”, “luz” ou “solidão”.

Provocação crítica ampliada

Se cada camada transforma o vetor de um token com base em contexto, história e relações globais,

- Até que ponto essas transformações são só matemática?
- Quando (e se) o cálculo se converte em um evento semiótico?
- Podemos afirmar que há já um “quase-sentido” a cada passagem, ou só ao final, no output explícito?

A resposta a essas questões — que estão no centro da interseção entre IA e Semiótica — define o rumo dos próximos capítulos.

1.6. Funcionamento do Decoder: Masked Attention, Cross-Attention e Geração Sequencial

O Encoder do Transformer produz um retrato denso e contextualizado da entrada, mas é no Decoder que a máquina revela sua capacidade de produção textual autônoma. O bloco 1.6 dissectiona, passo a passo, como o Decoder emprega mecanismos sofisticados de atenção mascarada e cruzada para gerar linguagem de modo sequencial, mantendo coerência, criatividade e aderência ao contexto da entrada. A análise detalhada dessas operações é essencial para quem deseja compreender o que faz do Transformer um modelo realmente generativo.

1.6.1. O que é o Decoder? Por que ele existe?

O Transformer é composto por duas grandes “metades”:

- Encoder: Lê e processa todo o texto de entrada, gerando vetores ricos em contexto.

- **Decoder:** Utiliza esses vetores para gerar a saída, palavra por palavra — seja tradução, resumo, resposta, continuação de texto etc.

O Decoder, portanto, é o componente responsável pela produção de linguagem, seja ela em português, inglês, código, poesia ou qualquer outro domínio.

1.6.2. Estrutura do Decoder: similar, mas não idêntico ao Encoder

O Decoder repete muitos dos mecanismos do Encoder (self-attention, multi-head attention, feed-forward, normalização, conexões residuais), porém, há duas diferenças fundamentais:

1. Masked Self-Attention:

Ao contrário do Encoder, no Decoder o mecanismo de atenção é “mascarado”.

- Cada token só pode “ver” os tokens anteriores — nunca os seguintes.
- Isso garante que, ao gerar o próximo termo, o modelo não acesse “spoilers” do futuro.
- Exemplo: Para gerar a palavra 4 de uma frase, o Decoder só considera as palavras 1, 2 e 3 (e não as futuras).

2. Cross-Attention:

- Após o masked self-attention, cada token gerado pelo Decoder pode olhar para todos os vetores produzidos pelo Encoder.
- Esse mecanismo é chamado de attention encoder-decoder ou cross-attention.
- Ele permite que o Decoder busque, a cada passo, as informações mais relevantes do input, ajustando sua saída de acordo com o contexto global da entrada.

1.6.3. Como o Decoder realmente gera linguagem — passo a passo

1. Recebe um token inicial especial (por exemplo, <s> ou “Início de frase”).
2. Aplica masked self-attention:
 - Calcula, para o token corrente, o quanto deve prestar atenção aos tokens anteriores (mas nunca aos seguintes).
3. Aplica cross-attention:

- Usa o mecanismo de atenção para “buscar” nos vetores do Encoder as informações mais relevantes para o contexto de geração.
- 4. Passa por feed-forward, normalização e conexões residuais:
 - Refina o vetor resultante, tal como no Encoder.
- 5. Gera a distribuição de probabilidade sobre todo o vocabulário, via uma camada linear e função softmax.
- 6. Escolhe a próxima palavra:
 - A palavra com maior probabilidade é escolhida, ou o modelo pode amostrar entre as mais prováveis (dependendo da estratégia de geração).
- 7. Repete o processo:
 - O novo token é adicionado à sequência, e o processo recomeça para gerar o próximo termo.
 - Continua até encontrar um token de parada (ex: <eos>, ponto final, etc.), ou até atingir o limite máximo de comprimento.

1.6.4. Exemplo prático: tradução automática

Entrada:

“Carolina está na janela.”

Processo:

- Encoder processa toda a frase, criando vetores contextuais.
- Decoder inicia com <start>:
 - Masked attention: só vê <start>
 - Cross-attention: consulta vetores do Encoder
 - Gera “Carolina”
- Segundo passo:
 - Masked attention: vê <start>, “Carolina”
 - Cross-attention: consulta o Encoder
 - Gera “is”
- Terceiro passo:
 - Masked attention: <start>, “Carolina”, “is”
 - Cross-attention: Encoder

- Gera “at”
- Quarto passo:
 - Masked attention: <start>, “Carolina”, “is”, “at”
 - Cross-attention: Encoder
 - Gera “the”
- Quinto passo:
 - Masked attention: toda a sequência já gerada
 - Cross-attention: Encoder
 - Gera “window”
- Sexto passo:
 - Gera “.” (ponto final)
- Sétimo passo:
 - Encontra token de parada e finaliza.

Saída:

“Carolina is at the window.”

1.6.5. Masked Attention — a chave para a geração sequencial

O masking impede que o modelo “trapaceie”, garantindo que cada palavra gerada só dependa das anteriores. Isso é essencial para manter a coerência e causalidade na linguagem gerada, seja traduzindo, respondendo perguntas ou criando narrativas.

Visualização da máscara de atenção:

	1	2	3	4	5
1	X				
2	X	X			
3	X	X	X		
4	X	X	X	X	
5	X	X	X	X	X

X = pode ver; espaço em branco = não pode ver.

1.6.6. Estratégias de geração — “como” o Transformer decide o output

- Greedy decoding: sempre escolhe a palavra mais provável (pode ser repetitivo).
- Sampling: amostra entre palavras mais prováveis, dando variedade.
- Top-k / Top-p sampling: limita escolha às k palavras mais prováveis, ou às que somam probabilidade p.
- Beam search: mantém várias hipóteses paralelas, escolhendo a sequência mais promissora.

Cada estratégia afeta a **criatividade, coerência e naturalidade** do texto gerado.

1.6.7. Reflexão final — Decoder e Semiose

O Decoder é a máquina de produção textual do Transformer. Ele é quem “fala”, simulando fluência, coesão e até criatividade, baseando-se em tudo o que “ouviu” do Encoder.

Provocação crítica:

- O que garante que a sequência gerada pelo Decoder seja realmente “interpretativa” e não só uma simulação sofisticada?
- Em que medida a escolha do próximo token reflete compreensão, intenção ou simplesmente cálculo de probabilidade contextual?

Essas questões são o ponto de partida para os debates que atravessam a fronteira entre IA e filosofia da linguagem — e que ocuparão os capítulos seguintes.

1.7. Estratégias de geração e o papel do Softmax

Ao longo de todas as operações internas do Transformer — da tokenização à atenção, da contextualização ao enriquecimento vetorial —, o modelo constrói representações matemáticas de altíssima complexidade. No entanto, o processo só se completa quando essas representações são convertidas, efetivamente, em palavras, frases ou sequências inteligíveis para o usuário humano.

O bloco 1.7 examina exatamente essa etapa crucial: como o Transformer transforma seus vetores em escolhas textuais concretas, quais estratégias podem ser utilizadas para decidir a próxima palavra, e qual é o papel fundamental do

softmax na transformação de “pontuações brutas” em probabilidades de geração. A compreensão dessas estratégias é vital tanto para aplicações práticas (como tradução, chatbots e sistemas de geração criativa) quanto para debates sobre os limites da intencionalidade, criatividade e controle humano sobre o output dos modelos.

1.7.1. O momento da decisão: como o Transformer “escolhe” a próxima palavra

Depois de todo o processamento — atenção, feed-forward, normalizações, múltiplas camadas —, o Transformer chega a um vetor final para cada posição na saída. Mas como ele converte esse vetor em uma palavra real do vocabulário?

Esse é o papel da **camada linear final seguida da função softmax**.

Camada linear

- O vetor final do token é multiplicado por uma matriz de pesos, resultando em um vetor do tamanho do vocabulário (que pode ter 50 mil, 100 mil, até 500 mil palavras ou tokens).
- Cada elemento desse vetor representa o “score” (pontuação) de quão apropriado é gerar aquele token naquele contexto.

Softmax

- O softmax transforma esse vetor de scores em uma distribuição de probabilidades.
- A exponenciação (e^{score}) amplifica pequenas diferenças, tornando claro qual token é mais provável.
- Após o softmax, todos os valores somam 1, e o modelo pode “sortear” a próxima palavra de acordo com essas probabilidades.

Exemplo simplificado:

Para uma posição da saída, o modelo pode calcular:

- “janela” – 0.82 de chance
- “porta” – 0.07
- “rua” – 0.03
- “caminho” – 0.01
- “.” – 0.07

O modelo pode escolher “janela” (mais provável), mas pode também, em certas estratégias, optar por outras palavras para variar ou enriquecer a resposta.

1.7.2. Estratégias de geração de texto

O modelo pode transformar a distribuição de probabilidades em texto final de diferentes maneiras — cada uma com implicações para a criatividade, fluidez, previsibilidade ou inovação da resposta.

a) Greedy decoding (decodificação gulosa)

- Sempre escolhe o token com maior probabilidade a cada passo.
- **Vantagens:** Simples, rápido, sempre produz a sequência mais “esperada”.
- **Desvantagens:** Pode gerar respostas muito previsíveis ou repetitivas; perde nuances, criatividade e pode se prender em loops (“sim sim sim sim...”).

b) Sampling (amostragem simples)

- Em vez de sempre pegar o mais provável, o modelo sorteia um token conforme a distribuição softmax.
- **Vantagens:** Introduce variedade e imprevisibilidade; respostas mais criativas e naturais.
- **Desvantagens:** Pode gerar respostas incoerentes ou sem sentido se amostras de tokens pouco prováveis.

c) Top-k sampling

- O modelo seleciona somente entre os “k” tokens mais prováveis (por exemplo, k=10), sorteando apenas entre eles.
- **Vantagens:** Evita respostas absurdas; mantém variedade.
- **Desvantagens:** Se k for pequeno, fica previsível; se k for grande, pode ser incoerente.

d) Top-p sampling (nucleus sampling)

- Em vez de um número fixo k, o modelo seleciona o menor conjunto de tokens cuja soma de probabilidades excede um limiar “p” (por exemplo, p=0.9).
- **Vantagens:** Adapta-se ao contexto: frases “certas” têm menos variedade, frases “abertas” permitem mais criatividade.
- **Desvantagens:** Se mal calibrado, pode gerar incoerências ou falta de controle.

e) Beam search

- Em vez de escolher uma palavra de cada vez, o modelo mantém várias hipóteses paralelas (“beams”) e, a cada passo, expande cada uma, selecionando as sequências mais prováveis ao final.
- **Vantagens:** Ideal para tradução, resumo, respostas técnicas; busca o equilíbrio entre variedade e coerência global.
- **Desvantagens:** Mais caro computacionalmente; pode se tornar conservador (“todas as hipóteses convergem para o comum”).

1.7.3. O papel da temperatura na criatividade da resposta

A temperatura é um parâmetro que “amacia” ou “endurece” a distribuição de probabilidades:

- Temperatura alta (>1): achatamento das diferenças — mais variedade, mais criatividade, maior risco de incoerência.
- Temperatura baixa (<1): diferenças são ampliadas — respostas mais seguras, previsíveis, porém menos surpreendentes.

Exemplo didático:

- Temperatura 1.0 (padrão): “janela” (82%), “porta” (7%), ...
- Temperatura 1.5: “janela” (60%), “porta” (20%), ...
- Temperatura 0.7: “janela” (93%), “porta” (4%), ...

1.7.4. A função do softmax: por que exponenciar?

- O softmax transforma qualquer vetor de scores (que pode ter valores negativos, zero ou positivos) em probabilidades entre 0 e 1.
- Exponenciar os scores faz com que diferenças pequenas virem diferenças grandes.
Isso “força” o modelo a ter mais convicção nas respostas quando há certeza, mas permite ambiguidade quando os scores são parecidos.
- Sem softmax, o modelo não teria um critério objetivo para “sortear” a palavra seguinte.

Analogia:

Imagine um painel de juízes dando notas. O softmax “traduz” as notas em chances

reais de vitória — e uma nota um pouco melhor pode virar uma vitória fácil, dependendo da diferença.

1.7.5. Implicações práticas das estratégias de geração

- Chatbots institucionais tendem a usar estratégias mais conservadoras (greedy, baixa temperatura, beam search curta), priorizando segurança e clareza.
- Chatbots criativos ou literários usam sampling, top-p e temperatura alta para inventividade.
- Tradução e sumarização se beneficiam do beam search para precisão e contexto global.
- Experimentos artísticos usam sampling aberto para produzir textos surpreendentes ou poéticos.

Ponto-chave:

O ajuste dos parâmetros de geração é parte fundamental do “design de personalidade” do modelo.

Provocação crítica:

Se todo o “sentido” gerado pelo modelo depende da forma como a decisão final é tomada — isto é, se a máquina apenas amostra, maximiza ou explora probabilidades —,

- Podemos falar em “intenção”, “criatividade” ou “inteligência”?
- Ou tudo permanece uma simulação estatística, ajustada pelo operador humano para parecer autêntica?

Essas perguntas preparam o terreno para o debate filosófico e semiótico do próximo capítulo, conectando tecnologia, sentido e autoria.

1.8. Normalização, conexões residuais e estabilidade do treinamento

Com o aumento da profundidade e da complexidade dos modelos neurais, surgem novos desafios: como evitar que as informações úteis se percam, que os gradientes “explodam” ou “sumam”, ou que o treinamento se torne lento e instável?

O sucesso do Transformer está diretamente ligado à adoção de técnicas avançadas de normalização e à arquitetura de conexões residuais — recursos que, juntos, tornam possível treinar redes profundas, estáveis e altamente performáticas. Este bloco investiga o papel técnico e teórico dessas operações, mostrando como elas contribuem para a robustez e a eficiência dos modelos modernos de linguagem.

1.8.1. Layer Normalization — estabilizando o fluxo de informação

O que é?

Layer Normalization (LayerNorm) é uma técnica que ajusta e escala os valores de ativação dos neurônios em cada camada, tornando-os mais uniformes e, assim, facilitando o treinamento profundo.

Por que é importante?

- Em redes profundas, pequenas variações nos valores podem se amplificar (explosão) ou desaparecer (vanishing).
- A normalização garante que cada camada receba entradas com média e variância controladas, evitando oscilações inesperadas.
- Melhora a velocidade de convergência e a estabilidade do modelo.

Como funciona?

- Em cada sub-bloco (atenção, feed-forward), antes da próxima operação, os valores dos vetores de cada token são normalizados em relação à média e desvio padrão de suas próprias dimensões.
- Isso ocorre para cada vetor individualmente, ao contrário do BatchNorm (que depende do batch inteiro).

Fórmula resumida:

Para cada vetor x , calcula-se

$$\text{LayerNorm}(x) = \frac{x - \mu}{\sigma} \cdot \gamma + \beta$$
$$\text{LayerNorm}(x) = \sigma x - \mu \cdot \gamma + \beta$$

Onde μ é a média das ativações, σ o desvio padrão, e γ, β são parâmetros aprendíveis que permitem ao modelo “desnormalizar” se necessário.

1.8.2. Conexões residuais (skip connections) — preservando e combinando conhecimento

O que são?

Conexões residuais, também conhecidas como skip connections, consistem em somar a entrada original de um bloco ao seu output.

Por que são necessárias?

- Permitem que informações importantes fluam pelas camadas sem sofrer distorção ou perda.
- Facilitam o treinamento de redes muito profundas, já que o gradiente pode ser propagado diretamente, evitando o desaparecimento do sinal de aprendizagem (vanishing gradient).
- Ajudam o modelo a combinar informação “crua” (input) com informação processada (output do bloco), dando maior flexibilidade.

Exemplo prático:

No sub-bloco de atenção, após processar o vetor, ele é somado ao vetor de entrada original antes da normalização:

Output final = LayerNorm(input + output do sub-bloco)
$$\text{Output final} = \text{LayerNorm}(\text{input} + \text{output do sub-bloco})$$

1.8.3. O impacto dessas técnicas na robustez do Transformer

- **Sem normalização e conexões residuais:**
 - O modelo pode sofrer instabilidades, não conseguir ser treinado com muitas camadas, ou levar a perda de informação contextual importante.
- **Com essas técnicas:**

- É possível construir e treinar modelos com dezenas ou centenas de camadas.
- O modelo aprende mais rápido e apresenta melhor desempenho em tarefas complexas.
- Há maior controle sobre a disseminação de erros ou ruídos internos.

1.8.4. Comparação com outras abordagens

- O **BatchNorm**, comum em visão computacional, depende do tamanho do batch e das estatísticas globais — não é ideal para linguagem (sequências de tamanho variável).
- O **LayerNorm** funciona token a token, adaptando-se melhor ao processamento de texto sequencial e paralelizado do Transformer.

Provocação crítica:

Até que ponto a estabilidade e a capacidade de profundidade do Transformer resultam mais da engenharia de regularização do que de uma “compreensão” superior da linguagem? Se não fossem essas técnicas, teríamos acesso a alguma forma de inteligência algorítmica profunda — ou apenas ruído e caos matemático?

1.9. Visualização geral do fluxo Encoder-Decoder

Depois de detalhar cada componente e operação do Transformer, é fundamental dar ao leitor uma visão integrada do percurso da informação na arquitetura — da entrada textual à saída gerada, atravessando embeddings, camadas de atenção, feed-forward, normalizações, conexões residuais, e os mecanismos específicos de Encoder e Decoder. Neste bloco, apresentamos diagramas, fluxos esquemáticos e exemplos visuais, que auxiliam na consolidação da compreensão sistêmica do modelo. Essa abordagem facilita a identificação dos pontos de interação entre os módulos e evidencia a complexidade organizada do Transformer, preparando o terreno para discussões sobre suas limitações, variantes e possibilidades de expansão.

1.9.1. Fluxograma resumido do Transformer

A[Texto cru] --> B[Tokenização]
B --> C[Embeddings]
C --> D[Positional Encoding]
D --> E[Encoder: Multi-Head Attention & Feed-Forward]
E --> F[Empilhamento de N camadas Encoder]
F --> G[Outputs contextuais do Encoder]
G --> H[Decoder: Masked Multi-Head Attention]
H --> I[Decoder: Cross-Attention (consulta Encoder)]
I --> J[Feed-Forward + Normalização]
J --> K[Empilhamento de N camadas Decoder]
K --> L[Output palavra por palavra (Softmax)]

1.9.2. Diagrama de blocos – Encoder e Decoder

Encoder:

- Entrada: tokens + embeddings + positional encoding
- Para cada camada:
 - Multi-Head Attention (cada token vê todos)
 - Add & Norm (conexão residual + layer normalization)
 - Feed-Forward Network (refino individual)
 - Add & Norm
- Saída: vetores contextuais para cada token

Decoder:

- Entrada: tokens já gerados (inicialmente um token de início)
- Para cada camada:
 - Masked Multi-Head Attention (cada token só vê o passado)
 - Add & Norm
 - Cross-Attention (olha para outputs do Encoder)
 - Add & Norm
 - Feed-Forward Network
 - Add & Norm
- Saída: vetor para cada posição, convertido em palavra via softmax

1.9.3. Exemplo ilustrativo do fluxo completo

Exemplo: Tradução automática

Entrada: “O tempo passou na janela.”

Fluxo:

1. Tokenização: ['O', 'tempo', 'passou', 'na', 'janela', '.']
2. Embeddings + positional encoding para cada token.
3. Passagem por 6-24 camadas de Encoder:
 - Cada camada: multi-head attention → feed-forward → normalização → resíduo.
 - Vetores enriquecidos com contexto global.
4. Decoder inicia com token de início (“<start>”):
 - Masked attention (vê apenas tokens anteriores).
 - Cross-attention: consulta todos os vetores do Encoder.
 - Passa por feed-forward, normalização, resíduo.
 - Softmax decide a primeira palavra (“Time”).
5. O novo token (“Time”) alimenta o próximo passo do Decoder.
 - Repete as operações, consulta o Encoder, gera o próximo token (“passed”), e assim por diante.
6. O processo se encerra ao gerar um token de parada.

1.9.4. Matriz de atenção – visualização prática

Exemplo para a palavra “caiu” na frase:

“Lá fora, amor, uma rosa nasceu, todo mundo sambou, uma estrela caiu.”

Palavra da frase	Peso de atenção recebido de “caiu”
Lá	0.05
fora	0.05
amor	0.10
uma (rosa)	0.05
rosa	0.10
nasceu	0.10

todo	0.05
mundo	0.05
sambou	0.10
uma (estrela)	0.10
estrela	0.25
caiu	0

1.9.5. Resumo visual para fixação

- **Encoder:** processa entrada em paralelo, gera contexto global
- **Decoder:** gera saída palavra por palavra, sempre olhando para trás (masked) e para o Encoder (cross)
- **Camadas empilhadas:** constroem níveis de abstração e sentido progressivos
- **Softmax:** traduz vetores em palavras, seguindo estratégias de geração escolhidas
- **Normalização e conexões residuais:** mantêm a estabilidade e preservam informações úteis

1.9.6. Reflexão metodológica

Visualizar o fluxo Encoder-Decoder não só facilita o entendimento das operações internas, mas também evidencia a natureza distribuída, relacional e hierárquica da arquitetura Transformer.

Esse olhar integrado é indispensável para analisar limites, potenciais e pontos de inflexão semiótica na produção de sentido algorítmico.

Provocação crítica:

Ao integrar diagramas, fluxogramas e representações visuais para explicar o fluxo Encoder-Decoder, corremos o risco de reduzir a complexidade do Transformer a um roteiro mecânico, aparentemente linear e transparente.

Até que ponto a necessidade de visualização didática pode obscurecer o caráter dinâmico, relacional e imprevisível das operações internas do modelo?

O que se perde — em termos de ambiguidade, multiplicidade interpretativa e potencial criativo — quando privilegiamos uma visão organizada e sequencial do percurso informacional?

1.10. Limitações atuais, variantes do Transformer e tendências

Por mais revolucionária que seja a arquitetura Transformer, ela não está isenta de desafios, gargalos e limitações — tanto no plano computacional quanto no cognitivo e semiótico. Entender esses limites é essencial não apenas para dominar o funcionamento do modelo, mas para pensar criticamente sobre sua aplicação, evolução e impacto cultural. Além disso, a rápida expansão de variantes (como BERT, GPT, T5, Transformer-XL, etc.) revela uma busca incessante por superar tais obstáculos e ampliar a adaptabilidade da arquitetura. Este bloco aborda as principais limitações técnicas e teóricas, apresenta as principais variantes do Transformer e sinaliza tendências futuras para a modelagem de linguagem.

1.10.1. Limitações técnicas e computacionais

a) Restrição de contexto (context window)

- O Transformer só consegue processar uma quantidade limitada de tokens por vez (ex: 512, 2048, 4096 ou 32.768 em modelos de última geração).
- Isso limita sua capacidade de compreender textos longos ou documentos inteiros, forçando a fragmentação de inputs e perda de “memória” de longo prazo.

b) Custo computacional

- O mecanismo de self-attention cresce quadraticamente com o número de tokens (custo $O(n^2)$), tornando modelos longos caros e lentos.
- Treinar e rodar Transformers exige hardware avançado (GPUs, TPUs) e alto consumo energético.

c) Latência e escalabilidade

- Para tarefas em tempo real (tradução instantânea, chatbots em escala), o tempo de processamento pode ser um gargalo.

- Modelos gigantescos têm dificuldades de deploy em dispositivos móveis ou aplicações embarcadas.

1.10.2. Limitações conceituais e semióticas

a) Compreensão contextual superficial

- Apesar de capturar dependências globais, o Transformer ainda carece de “compreensão profunda” ou “sentido vivido” (experiência).
- Ambiguidades, ironias, pressupostos culturais ou pragmáticos podem não ser resolvidos plenamente — o modelo simula sentido, mas não “vive” sentido.

b) Ausência de memória persistente

- O Transformer não mantém memória de interações anteriores sem mecanismos externos (bancos de dados, históricos, contextos concatenados).
- Não tem autêntica continuidade narrativa ou biográfica.

c) Sensibilidade a ruído e adversarial attacks

- Mudanças pequenas (typos, inversão de ordem) podem induzir respostas absurdas.
- Modelos podem ser “enganados” por inputs desenhados para confundi-los.

1.10.3. Variantes do Transformer – evolução e especialização

a) BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)

- Usa apenas o Encoder do Transformer, com atenção bidirecional.
- Focado em tarefas de compreensão (classificação, resposta a perguntas, análise de sentimentos).
- Pré-treinado por “mascaramento” de palavras e previsão de sentenças adjacentes.

b) GPT (Generative Pre-trained Transformer)

- Usa apenas o Decoder do Transformer, com atenção unidirecional (da esquerda para a direita).
- Focado em geração de texto e tarefas auto-regressivas.

c) T5 (Text-to-Text Transfer Transformer)

- Modelo unificado: todo input e output é tratado como texto (“tudo para texto”).
- Facilita multi-tarefas (tradução, resumo, Q&A) em uma arquitetura única.

d) Transformer-XL, Longformer, BigBird, Reformer

- Desenvolvidos para superar o limite de contexto.
- Usam janelas deslizantes, atenção esparsa, compressão de contexto, ou mecanismos recursivos para processar sequências muito longas.

e) Vision Transformer (ViT), Speech Transformer

- Adaptam a arquitetura original para visão computacional e processamento de áudio.

1.10.4. Tendências e pesquisas em andamento

a) Contextos ultralongos

- Modelos como GPT-4o, Claude 3, Gemini e outros já alcançam janelas de contexto com centenas de milhares de tokens.
- Pesquisas em attention esparsa, memória externa e compressão semântica buscam ir além do $O(n^2)$.

b) Multimodalidade

- Transformers agora integram texto, imagem, áudio, vídeo e até dados sensoriais em modelos únicos (ex: GPT-4o, Gemini, MM-LLM).
- Caminho aberto para aplicações em robótica, IAs criativas e sistemas cognitivos híbridos.

c) Eficiência energética e quantização

- Modelos mais compactos (TinyBERT, DistilBERT, quantized models) para rodar em dispositivos portáteis, IoT, edge computing.
- Adoção de técnicas de pruning, quantization e knowledge distillation.

d) Interpretação e explicabilidade

- Avanço em ferramentas para visualizar, auditar e explicar decisões do Transformer.
- Interesse crescente em governança algorítmica e “IA responsável”.

e) Aprendizado contínuo e adaptação

- Pesquisas em lifelong learning, few-shot learning, fine-tuning dinâmico para adaptar modelos sem re-treinar do zero.

Provocação crítica:

Se as variantes do Transformer buscam superar limitações técnicas, o que falta para que alcancem compreensão semiótica plena?

O progresso é apenas uma questão de escala e hardware, ou há barreiras conceituais fundamentais entre cálculo vetorial e produção de sentido genuíno?

1.11. Provocação crítica final: sentido, cálculo e o futuro da interpretação

Chegamos ao término do primeiro capítulo, tendo percorrido cada elemento estrutural do Transformer — do percurso vetorial ao fluxo Encoder-Decoder, dos mecanismos de atenção à decisão final do output, das técnicas de normalização às variantes mais recentes. Agora, cabe retomar a questão central que atravessou cada bloco: a fronteira entre cálculo algorítmico e produção de sentido. Esta provocação final busca reunir os aprendizados técnicos e lançá-los como desafios conceituais para o estudo da linguagem, da semiose e da inteligência artificial.

Provocação síntese

O Transformer representa, até aqui, o estado da arte em modelagem de linguagem: uma arquitetura que, por meio de operações matemáticas distribuídas e escaláveis, simula com notável precisão o processamento, a produção e até a variação estilística da linguagem humana.

No entanto, persiste a dúvida fundamental:

- Toda a produção de linguagem do Transformer é resultado apenas de operações de probabilidade, estatística e ajuste vetorial, guiadas por parâmetros de treinamento, estratégias de geração e limitações computacionais?
- Ou, em algum momento desse percurso — nas camadas intermediárias, nas operações de atenção, ou no instante da escolha do output — emerge algo que poderíamos chamar de sentido, intenção ou interpretação?

Afinal,

- Quando (ou se) um cálculo se transforma em evento semiótico?
- O Transformer apenas emula a linguagem humana, ou pode ser, ele mesmo, um operador de sentido?
- Existe, ou poderia existir, uma “zona de emergência” do sentido entre a matemática e a semiose — uma interface ainda não compreendida entre código, contexto e interpretação?

Essas questões não têm resposta técnica definitiva. São convite para a reflexão teórica, filosófica e semiótica que orientará os próximos capítulos:

- Qual o papel do humano na interpretação dos outputs da máquina?
- Que limites (ou potencialidades) há no horizonte da IA generativa como produtora de sentido?
- Até onde a arquitetura, por mais sofisticada, substitui a experiência, a corporeidade e a intencionalidade humanas no universo da linguagem?

Transição para os capítulos teóricos

O fechamento deste capítulo técnico é, portanto, um chamado à crítica e ao aprofundamento:

A arquitetura Transformer, em toda sua engenhosidade, é ao mesmo tempo espelho da potência da computação e um laboratório para a reflexão semiótica. No limiar entre o cálculo e o sentido, abrem-se os desafios mais instigantes do nosso tempo.

Apêndice I – Respostas argumentativas às provocações críticas do Capítulo 1

Nota metodológica:

Este apêndice reúne as provocações críticas destacadas ao longo do Capítulo 1, não apenas como síntese dos questionamentos suscitados, mas como convite à reflexão ampliada. A exposição desses dilemas metodológicos e epistemológicos tem por objetivo engajar o leitor em um diálogo contínuo com a obra, ressaltando que toda arquitetura de linguagem, algorítmica ou humana, é território de interrogações e busca de sentido.

Espera-se que essas questões, agora reunidas, funcionem como pontos de partida para investigações futuras, discussões coletivas e revisitas criativas ao texto.

1.1. O que é um Transformer? – origem, arquitetura e propósito

Provocação crítica:

Ao reorganizar as operações sobre a linguagem e ampliar exponencialmente o desempenho computacional, o Transformer inaugura um novo regime técnico para o processamento textual. Mas — essa sofisticação técnica equivale, de fato, a um salto qualitativo na produção de sentido? Ou apenas multiplicamos o poder do cálculo, mantendo o modelo distante da experiência interpretativa humana?

Resposta/Comentário:

A sofisticação técnica do Transformer representa, sem dúvida, uma revolução no processamento de linguagem: paralelismo, escalabilidade, atenção contextual e desempenho estatístico sem precedentes. Contudo, esses avanços não garantem, por si só, um salto qualitativo na produção de sentido — especialmente do ponto de vista da experiência interpretativa humana, que envolve subjetividade, corporeidade, história e contexto. O Transformer pode simular nuances e padrões do discurso humano, mas permanece atado a mecanismos estatísticos e algoritmos formais, distanciando-se do processo hermenêutico profundo que caracteriza a semiose humana. Assim, o “salto” do cálculo para o sentido continua sendo o verdadeiro limiar a ser investigado.

1.2. Codificação, Atenção, Embeddings e Inferência Estatística

Provocação crítica:

A atenção “democratiza” o acesso contextual entre tokens, mas pode perder nuances lineares típicas do discurso natural? O embedding é realmente uma nova “camada de sentido” ou apenas uma compressão estatística da linguagem?

Resposta/Comentário:

A atenção permite conexões flexíveis entre todos os tokens, mas pode, sim, enfraquecer marcas de linearidade importantes para línguas com forte ordem sintática ou para gêneros discursivos dependentes de sequencialidade. Quanto

aos embeddings, há indícios de que vão além da compressão estatística, capturando padrões semânticos latentes; porém, ainda carecem de intencionalidade e historicidade — componentes centrais do sentido humano.

1.3. A transição das RNNs para o paradigma attention-based

Provocação crítica:

O Transformer aproxima a máquina da experiência semiótica humana ao simular relações de sentido poético, ambiguidade e paralelismos, ou estamos diante apenas de uma sofisticada simulação estatística de padrões aprendidos?

Qual é o real limite entre o cálculo algorítmico e a produção genuína de sentido? Essa dúvida permanece aberta — e a resposta perpassa todo o estudo.

Resposta/Comentário:

O Transformer, ao expandir a capacidade de modelar relações não-lineares, criar paralelismos e captar ambiguidade textual, de fato simula aspectos do funcionamento semiótico humano — sobretudo na produção poética ou na manipulação de ambiguidades. No entanto, trata-se de uma simulação baseada em regularidades extraídas do corpus de treinamento, sem intenção ou experiência própria. O limite entre cálculo e sentido emerge justamente aí: a máquina pode reproduzir padrões sem compreendê-los, enquanto o sentido humano se forma a partir da vivência, da intencionalidade e da história. O estudo inteiro busca justamente investigar até que ponto essa aproximação é uma ilusão de sentido — ou pode, de fato, constituir uma nova camada semiótica algorítmica.

1.4. O percurso vetorial da informação no Transformer

Provocação crítica:

Ao descrever, passo a passo, o percurso da informação do texto cru até o output gerado, fica evidente a sofisticação algorítmica do Transformer: tokenização, embeddings, codificações posicionais, camadas empilhadas de atenção e refinamento vetorial.

Mas será que essa progressão técnica, por mais complexa e poderosa, consegue construir “significados” — ou apenas processa e refina sinais até o ponto de simular

sentido?

Em que medida esse percurso vetorial aproxima a máquina de uma compreensão interpretativa genuína, ou apenas perpetua a distância entre cálculo e semiose?

Resposta/Comentário:

O percurso vetorial do Transformer representa um salto inegável em capacidade de processamento, permitindo à máquina manipular linguagem em níveis antes inatingíveis: relações contextuais, paralelismos, ambiguidade e até nuances estilísticas. No entanto, cada etapa permanece ancorada na transformação matemática e estatística de sinais, não no exercício intencional do sentido. O que emerge desse percurso são aproximações funcionais do significado — eficazes para simular compreensão, mas ainda apartadas da experiência interpretativa que caracteriza o sentido humano. A compressão, decomposição e recomposição de vetores produzem resultados linguisticamente sofisticados, mas não necessariamente interpretativos no sentido pleno: falta ao percurso vetorial o componente pragmático, histórico e subjetivo da semiose. Assim, a cada camada, a máquina se torna mais “parecida” com um leitor, mas permanece, em essência, distante do ato genuíno de interpretar.

1.5. Evolução dos vetores ao longo das camadas

Provocação crítica:

Se cada camada transforma o vetor de um token com base em contexto, história e relações globais, até que ponto essas transformações são só matemática? Quando (e se) o cálculo vetorial cruza o limiar da semiose?

Resposta/Comentário:

Cada transformação é, fundamentalmente, matemática; porém, ao serem acumuladas, podem emergir propriedades interpretativas — como ambiguidade, polissemia ou inferência indireta. O “cruzamento” para a semiose só ocorre quando esses estados intermediários são ativados em interações sociais, culturais ou cognitivas, internas ou externas ao modelo.

1.6. Funcionamento do Decoder: Masked Attention, Cross-Attention e Geração Sequencial

Provocação crítica:

O que garante que a sequência gerada pelo Decoder seja realmente “interpretativa” e não só uma simulação sofisticada?

Em que medida a escolha do próximo token reflete compreensão, intenção ou simplesmente cálculo de probabilidade contextual?

Resposta/Comentário:

Nada garante que exista verdadeira interpretação; o output é produto de uma cadeia de probabilidades, embora suficientemente rica para simular, muitas vezes, padrões interpretativos humanos. A ausência de intenção (no sentido fenomenológico) limita a IA a um “faz de conta” interpretativo, eficiente para muitas aplicações, mas distante da experiência humana de compreensão.

1.7. Estratégias de geração e o papel do Softmax

Provocação crítica:

Se todo o “sentido” gerado pelo modelo depende da forma como a decisão final é tomada — isto é, se a máquina apenas amostra, maximiza ou explora probabilidades —,

Podemos falar em “intenção”, “criatividade” ou “inteligência”? Ou tudo permanece uma simulação estatística, ajustada pelo operador humano para parecer autêntica?

Resposta/Comentário:

Trata-se, sobretudo, de uma simulação estatística, habilmente disfarçada de criatividade ou inteligência graças à vastidão de exemplos e à sofisticação dos mecanismos de geração. Qualquer intenção ou criatividade é, até segunda ordem, um efeito colateral do design algorítmico e do tuning de parâmetros pelos operadores humanos.

1.8. Normalização, conexões residuais e estabilidade do treinamento

Provocação crítica:

Até que ponto a estabilidade e a capacidade de profundidade do Transformer resultam mais da engenharia de regularização do que de uma “compreensão” superior da linguagem? Se não fossem essas técnicas, teríamos acesso a alguma forma de inteligência algorítmica profunda — ou apenas ruído e caos matemático?

Comentário:

Grande parte do sucesso prático do Transformer advém justamente das técnicas de regularização e estabilização — sem elas, o modelo mergulharia em ruído, não em sentido. Não há, portanto, compreensão autônoma, mas uma manutenção algorítmica do fluxo informacional, habilitando o aprendizado profundo, porém estritamente formal.

1.9. Visualização geral do fluxo Encoder-Decoder

Provocação crítica:

Ao integrar diagramas, fluxogramas e representações visuais para explicar o fluxo Encoder-Decoder, corremos o risco de reduzir a complexidade do Transformer a um roteiro mecânico, aparentemente linear e transparente.

Até que ponto a necessidade de visualização didática pode obscurecer o caráter dinâmico, relacional e imprevisível das operações internas do modelo?

O que se perde — em termos de ambiguidade, multiplicidade interpretativa e potencial criativo — quando privilegiamos uma visão organizada e sequencial do percurso informacional?

Resposta/Comentário:

Visualizações e fluxogramas são ferramentas indispensáveis para o aprendizado, especialmente diante da opacidade técnica dos modelos Transformer. No entanto, tais representações tendem a “aplagnar” o funcionamento do modelo, sugerindo linearidade onde há múltiplas iterações, bifurcações e sobreposições. O perigo reside em tomar o mapa pela paisagem: a arquitetura real é marcada por dinâmicas não lineares, interações simultâneas e decisões contextuais que escapam à didática gráfica. Ao privilegiar o entendimento sistêmico, podemos, sem querer, relegar ao segundo plano o potencial de ambiguidade, emergências inesperadas e

criatividade algorítmica — elementos centrais na produção de sentido. Reconhecer esse limite é essencial para não confundir clareza pedagógica com exaustividade explicativa, e para manter viva a tensão entre o que pode ser modelado visualmente e aquilo que, no fundo, só pode ser vivido na complexidade do funcionamento real.

1.10. Limitações atuais, variantes do Transformer e tendências

Provocação crítica:

Se as variantes do Transformer buscam superar limitações técnicas, o que falta para que alcancem compreensão semiótica plena?

O progresso é apenas uma questão de escala e hardware, ou há barreiras conceituais fundamentais entre cálculo vetorial e produção de sentido genuíno?

Resposta/Comentário:

A simples ampliação de escala e hardware tende a aprimorar performance, mas não resolve o abismo epistemológico entre cálculo e sentido. Para superar essa barreira, seria necessário integrar modelos de contexto social, intencionalidade, corporalidade e processos semióticos que ainda escapam ao formalismo vetorial.

1.11. Provocação crítica final

Provocação síntese:

Quando (ou se) um cálculo se transforma em evento semiótico?

O Transformer apenas emula a linguagem humana, ou pode ser, ele mesmo, um operador de sentido?

Existe, ou poderia existir, uma “zona de emergência” do sentido entre a matemática e a semiose — uma interface ainda não compreendida entre código, contexto e interpretação?

Resposta/Comentário:

O Transformer, hoje, opera essencialmente como um emulador avançado de linguagem, e qualquer emergência de sentido depende de uma “ponte” estabelecida pelo usuário, pelo contexto e pelo ambiente interpretativo. Se uma

zona de emergência existe, ela é menos um produto do algoritmo isolado e mais do ecossistema híbrido que conecta cálculo, cultura e agência interpretativa — um terreno que desafia tanto engenheiros quanto semióticos.

Capítulo 2

2. Claude Shannon: Codificação, Ruído e Entropia

Se o Transformer opera no limiar entre cálculo e sentido, é na teoria da informação que encontramos o primeiro grande fundamento matemático desse limiar. Claude Shannon, ao formalizar os conceitos de codificação, ruído e entropia, definiu o horizonte sobre o qual todo o processamento algorítmico de linguagem se apoia. Este capítulo mergulha nos pilares da teoria da informação, explorando como eles sustentam tanto a operação técnica do Transformer quanto os desafios epistemológicos da interpretação e do sentido.

2.1. O nascimento da teoria da informação

Toda arquitetura algorítmica capaz de operar linguagem, como o Transformer, é herdeira direta de um marco científico: a teoria matemática da informação, formalizada por Claude Shannon em 1948. Antes dela, o conceito de “informação” era vago, dependente do conteúdo e da intenção comunicativa. Com Shannon, passa a ser tratado de maneira quantitativa, abstrata e aplicável a qualquer sistema — do telégrafo ao cérebro, da comunicação entre máquinas à tradução automática. Compreender o nascimento dessa teoria é fundamental para entender o próprio horizonte dos modelos de linguagem: porque pensamos em linguagem como algo que pode ser codificado, transmitido, decodificado — e o que perdemos (ou ganhamos) ao adotar essa perspectiva.

2.1.1. O contexto histórico: comunicação e cálculo no século XX

Na primeira metade do século XX, o mundo vivia a revolução das telecomunicações: telégrafos, rádios, linhas telefônicas transoceânicas.

O desafio técnico era claro:

- Como transmitir mensagens de forma eficiente, rápida e confiável, mesmo em canais ruidosos?
- Como garantir que o conteúdo enviado chegasse ao destinatário sem corrupção, com o mínimo de repetição, e usando o menor número possível de símbolos?

Problemas como interferência, distorção e perdas de sinal motivaram engenheiros e matemáticos a pensar a comunicação como um processo abstrato, que pudesse ser analisado e otimizado matematicamente.

2.1.2. O artigo fundador de Claude Shannon

Em 1948, Claude Shannon publica “A Mathematical Theory of Communication” (Bell System Technical Journal).

Seu artigo propõe separar o problema da comunicação em níveis:

1. Nível técnico — Como transmitir sinais?
2. Nível semântico — O que significa a mensagem?
3. Nível efetivo — O efeito desejado na mente do destinatário.

Shannon opta por focar exclusivamente no nível técnico:

- O conteúdo da mensagem é indiferente — importa apenas sua transmissão fiel.
- Informação passa a ser medida em bits, independente do “significado”.

Essa escolha fundou o paradigma informacional da era digital: dados, ruído, canais, capacidade de transmissão.

2.1.3. A arquitetura clássica: transmissor, canal e receptor

Shannon descreve a comunicação como um processo em cinco etapas:

1. Fonte de informação — Origina a mensagem (texto, voz, dado digital).
2. Transmissor — Codifica a mensagem em sinais apropriados ao canal (ex: microfone, modem).
3. Canal — Meio físico que transporta o sinal (fio, ar, fibra óptica).
4. Receptor — Decodifica o sinal de volta à forma original.
5. Destinatário — Recebe e interpreta a mensagem.

O modelo ficou conhecido como “Esquema de Shannon-Weaver” e se tornou base para todas as engenharias da comunicação.

2.1.4. O impacto dessa abordagem

- Universalização do conceito de informação — Não importa o conteúdo, mas sua estrutura codificável.
- Separação entre transmissão e significado — Eficiência, compressão e correção de erros se tornaram questões técnicas, não semânticas.
- Reprodutibilidade algorítmica — Qualquer sistema capaz de codificar, transmitir e decodificar poderia ser pensado sob as mesmas leis: máquinas, redes, organismos biológicos.

2.1.5. Relação com os modelos de linguagem

Ao tratar linguagem como informação transmissível, Shannon abriu caminho para:

- Processamento algorítmico de textos, sons, imagens.
- Redefinição do “sentido” como algo emergente da manipulação de símbolos, e não da experiência ou da intenção.
- Surgimento de arquiteturas como o Transformer, onde o fluxo informacional é visto como sequência de codificações, transformações e reconstruções — sempre vulnerável ao ruído, à perda e à compressão.

Provocação crítica

A teoria da informação de Shannon consagrou a ideia de que “informação” é, antes de tudo, diferença — aquilo que reduz a incerteza no receptor. Mas, ao abstrair o significado, ela também eliminou o problema filosófico do sentido.

- O que se ganha e o que se perde ao pensar linguagem (humana ou artificial) apenas como fluxo de bits, sinais ou vetores?
- Pode a arquitetura Transformer, fundada nesse paradigma, ir além da transmissão fiel e operar alguma forma de interpretação?

2.1.6. Exemplo histórico: o telégrafo e o problema da eficiência

Antes de Shannon, engenheiros já enfrentavam o desafio de transmitir o máximo de mensagens usando o mínimo de recursos.

No telégrafo, cada letra era enviada como uma sequência de impulsos (pontos e traços — o Código Morse).

- Mensagens comuns (“SOS”, “STOP”) ganhavam códigos curtos, enquanto palavras raras tinham códigos mais longos.
- O objetivo era acelerar a comunicação e minimizar custos (tempo, energia, papel).

Shannon generalizou essa intuição: qualquer mensagem pode ser pensada como uma sequência de símbolos a ser codificada da maneira mais eficiente possível.

2.1.7. Exemplo visual: o esquema de Shannon-Weaver

Segue abaixo uma visualização didática do modelo clássico da comunicação:

[Fonte de informação]

↓

(codificação)

↓

[Transmissor]

↓

(sinal)

↓

[Canal] ← [Ruído]

↓

(decodificação)

↓

[Receptor]

↓

[Destinatário]

- Ruído: qualquer interferência que possa alterar o sinal durante o trajeto (interferência eletromagnética, barulho, perdas, erros de transmissão).

2.1.8. Aplicação didática: analogia para modelos de linguagem

Podemos traçar um paralelo entre o esquema de Shannon e o funcionamento dos modelos de linguagem contemporâneos (ex: Transformer):

Shannon-Weaver	Transformer
Fonte de informação	Prompt/texto de entrada
Transmissor (codificação)	Embedding/tokenização
Canal	Camadas internas, mecanismos de atenção
Ruído	Ambiguidade semântica, “ruído” de contexto
Receptor (decodificação)	Decoder, reconstrução da saída (output)
Destinatário	Usuário final, sistema que recebe a resposta

- Ruído nos modelos de linguagem pode ser introduzido por erros de tokenização, ambiguidades contextuais, limitações de contexto (“janela curta”) ou perturbações adversariais.
- Codificação e decodificação são operações centrais: embeddings convertem texto em vetores; o decoder reconstrói linguagem a partir desses vetores.

2.1.9. Exemplo prático: tradução automática como comunicação informacional

Ao traduzir uma frase com o Transformer, temos:

- Fonte: Texto original (“O tempo passou na janela”)
- Transmissor: Embedding/tokenização da frase
- Canal: Fluxo através das camadas de atenção, sujeito a possíveis perdas de contexto ou ambiguidades (ruído)
- Receptor: Decoder, que gera a tradução (“Time passed at the window”)
- Destinatário: Leitor humano, que interpreta a tradução

Se o “canal” for muito ruidoso (modelo mal treinado, contexto insuficiente), a saída será defeituosa, como um sinal corrompido.

2.1.10. Limites do modelo para a linguagem natural

Shannon, ao separar transmissão e significado, estabeleceu o terreno da comunicação eficiente, mas também delimitou as fronteiras da interpretação:

- O modelo clássico não lida com ambiguidade semântica, ironia, contexto cultural ou intenção pragmática.
- Para os Transformers, o desafio é capturar o máximo de informação relevante sem “perder” o sentido em meio ao ruído algorítmico — por isso, as limitações vistas nos blocos anteriores permanecem atuais.

Provocação crítica (reafirmada)

O que distingue um sistema que transmite informação com fidelidade de um sistema que interpreta, transforma e ressignifica a informação recebida?

- Até que ponto é possível (ou desejável) comprimir linguagem sem sacrificar sentido, ambiguidade e pluralidade?
- Os modelos contemporâneos, mesmo superando a engenharia da transmissão, ainda se confrontam com o problema fundante do significado.

2.1.11. Mensagens na guerra: o valor estratégico da informação

Durante as duas grandes guerras mundiais, a comunicação segura e eficiente tornou-se questão de vida ou morte.

- Mensagens codificadas (cifras) e sistemas como a máquina Enigma, usada pela Alemanha nazista, evidenciaram o desafio de transmitir, proteger e decifrar informação em ambientes ruidosos e hostis.
- Quebra de códigos (ex: pelo matemático Alan Turing e sua equipe em Bletchley Park) mostrou que informação não é apenas transmitir sinais, mas também garantir sua autenticidade, sigilo e interpretabilidade.

Shannon, inclusive, trabalhou em criptografia durante a Segunda Guerra Mundial — experiência que influenciou diretamente seu entendimento matemático de informação, ruído e segurança.

2.1.12. Invenção do rádio e massificação da comunicação

A invenção e popularização do rádio, no início do século XX, trouxe novos desafios:

- Interferências atmosféricas, limitações de alcance, compartilhamento de frequências.
- Necessidade de padronizar codificação e decodificação de sinais (frequências, modulação).
- Transmissão simultânea de múltiplos conteúdos para públicos massivos, ampliando o conceito de canal e destinatário.

Shannon universaliza esses problemas ao formular seu modelo: todo canal está sujeito a limitações de capacidade, ruído e sobreposição de sinais.

2.1.13. Cultura popular: “o telefone sem fio” e ruído comunicacional

O famoso jogo infantil “telefone sem fio” ilustra de maneira lúdica os problemas abordados por Shannon:

- Uma mensagem sussurrada de uma criança à outra sofre pequenas alterações (ruído) a cada repetição.
- No final, a mensagem original pode estar completamente distorcida.
- O exercício revela a importância de mecanismos de redundância, checagem e reinterpretação para evitar perda de sentido.

Na arquitetura Transformer, estratégias como atenção múltipla e empilhamento de camadas funcionam, em parte, como mecanismos de redundância e correção — tentando recuperar ou preservar informação útil ao longo do processamento.

2.1.14. Limites do modelo clássico na cultura contemporânea

Na sociedade da informação, transmitir “mais rápido” ou “mais fiel” não resolve todos os problemas:

- Fake news, deepfakes, manipulação algorítmica: sinais podem ser perfeitos, mas o sentido transmitido é distorcido intencionalmente.
- Ambiguidades culturais e pragmáticas: uma mensagem pode ser lida de múltiplas maneiras, a depender do contexto do receptor.
- Redes sociais: o “canal” não é neutro — algoritmos filtram, amplificam ou silenciam mensagens, alterando o significado.

Esses desafios mostram que o modelo de Shannon, embora revolucionário, não esgota os problemas da comunicação humana nem dos sistemas inteligentes.

2.1.15. Limitações e potencial para modelos de linguagem

No contexto dos Transformers:

- Ruído algorítmico: ocorre quando o modelo perde contexto, erra na predição de tokens ou é induzido ao erro por prompts adversariais.
- Capacidade limitada de canal: mesmo os maiores LLMs possuem um “janela de contexto” finita — mensagens longas podem ser truncadas, comprimidas ou fragmentadas, levando à perda ou distorção de sentido.
- Redundância e compressão: para treinar modelos eficientes, busca-se máxima compressão (codificação densa), mas a linguagem humana depende, muitas vezes, de repetições, ambiguidades e ecos contextuais para construir sentido.

Potencial:

- Os Transformers, ao trabalhar com múltiplas camadas de atenção e empilhar operações, simulam certos aspectos da redundância e correção presentes na comunicação humana — mas ainda não resolvem o “gap” interpretativo, que depende de contexto extra-algorítmico.

2.1.16. Quadro comparativo: modelo clássico vs. desafios contemporâneos

Dimensão	Modelo Clássico de Comunicação (Shannon-Weaver)	Modelos Contemporâneos (Transformers, LLMs, IA semiótica)
Enfoque	Transmissão de informação com mínima perda	Interpretação, transformação e geração de sentido
Natureza do Canal	Linear, sujeito a ruído, com codificação/decodificação	Multiplexado, probabilístico, vetorial, com múltiplas camadas

Ruído	Central: ruído = perda ou distorção	Ruído é “absorvido”, reinterpretado, serve como insumo criativo
Redundância	Negativa, vista como ineficiência	Positiva, estratégia para resiliência, ambiguidade e pluralidade
Mensagem	Fixa, com significado pré-determinado	Dinâmica, contexto-dependente, significados emergentes
Entropia	Ameaça à fidelidade da transmissão	Elemento-chave da criatividade, variação, adaptação semiótica
Papel do Receptor	Decodificador passivo	Interpretante ativo, co-autor do sentido
Crítério de Sucesso	Máxima fidelidade na transmissão	Geração de sentido relevante, contexto-sensível e adaptativo
Retroalimentação	Ausente ou minimizada	Essencial: interação contínua, ajuste de pesos, self-attention
Propósito Último	Reproduzir o original com precisão	Criar, adaptar, expandir significados sob múltiplos contextos

Provocação crítica

Se a lógica clássica privilegiava a transmissão fiel, qual é o novo critério de “sucesso” para um modelo capaz de criar e transformar sentidos? A multiplicidade interpretativa representa ganho ou ameaça para a sociedade?

Sugestão de apêndice: Expandir com casos de falhas de comunicação clássica (exemplo: ruídos em comunicações de guerra) versus casos de “ruídos produtivos” em modelos contemporâneos (exemplo: criatividade emergente em LLMs).

2.2. Entropia: a medida da incerteza

A noção de entropia, introduzida por Claude Shannon na década de 1940, é central para entender o ponto de inflexão entre modelos clássicos e contemporâneos. Entropia mede a incerteza associada a uma fonte de informação: quanto maior a entropia, maior a imprevisibilidade do próximo símbolo a ser transmitido. Nos modelos clássicos, entropia é vista como um obstáculo à eficiência — algo a ser minimizado para garantir que a mensagem chegue intacta ao destinatário.

Em modelos contemporâneos, a entropia adquire dupla valência. Por um lado, ela permanece associada ao risco de perda de informação ou geração de “ruído”; por outro, torna-se um componente fundamental para a criatividade e para a geração de respostas inovadoras, como ocorre nos modelos de linguagem baseados em redes neurais.

Nos Transformers e LLMs, a entropia é usada como parâmetro explícito (ex: temperatura nos mecanismos de sampling), controlando o equilíbrio entre previsibilidade e diversidade nas respostas. A gestão da entropia permite manipular o grau de “novidade” ou “conservadorismo” de uma saída: baixa entropia implica respostas repetitivas e seguras; alta entropia favorece inovação, mas pode aumentar a incidência de erros ou incoerências. Esse duplo papel da entropia é especialmente relevante em aplicações como geração automática de texto, tradução, síntese criativa e até mesmo em sistemas autônomos de decisão, em que o “ruído” pode ser a faísca para a emergência de novos significados.

Simulações e Quadros sobre Entropia em LLMs

Simulação de temperatura e entropia:

Prompt: “*Explique o conceito de entropia para uma criança de 6 anos.*”

- **Baixa temperatura (0,2):** “Entropia é quando as coisas estão bem arrumadas ou bem bagunçadas. Quando está tudo arrumado, a entropia é pequena. Quando está tudo bagunçado, a entropia é grande.”

- **Temperatura média (0,7):** “Imagine que entropia é como a bagunça do seu quarto: se está tudo espalhado, a entropia é alta. Se está arrumadinho, a entropia é baixa.”
- **Temperatura alta (1,2):** “Entropia é como um vento invisível entrando no quarto e misturando todos os brinquedos, até parece que eles estão dançando e ninguém sabe onde vão parar!”

Quadro síntese: Temperatura, Vantagens, Riscos, Aplicações

Temperatura	Vantagens	Riscos	Aplicações típicas
Baixa ($\leq 0,4$)	Clareza, precisão, previsibilidade	Repetição, menor criatividade	Manuais, instruções, FAQ
Média ($\sim 0,7$)	Bom equilíbrio, inovação controlada	Alguma ambiguidade	Educação, consultoria
Alta ($\geq 1,1$)	Criatividade, metáforas, surpresa	Risco de incoerência/absurdo	Brainstorm, literatura

Análise:

A manipulação da entropia é essencial para alinhar o output ao contexto de uso: alta previsibilidade em contextos críticos; alta criatividade em situações abertas e experimentais. Esse equilíbrio é uma das grandes conquistas do design contemporâneo de LLMs — e um desafio ético e operacional.

Provocação crítica

Como balancear, em ambientes automatizados, a busca por respostas inovadoras e relevantes com a necessidade de manter controle, segurança e coerência?

Nota de atualização: Entropia, criatividade e IA - o debate contemporâneo

David J. C. MacKay (“Information Theory, Inference, and Learning Algorithms”, 2003) e Pedro Domingos (“The Master Algorithm”, 2015) tratam da relação entre entropia, aprendizagem e criatividade em IA. Eles apontam que, embora o controle da incerteza seja fundamental para sistemas eficientes, a abertura ao inesperado é o

motor da inovação e da adaptação em algoritmos modernos, inclusive nos LLMs e Transformers.

2.3. Ruído: O Paradoxo da Interferência e da Inovação

Na teoria clássica de Shannon-Weaver, ruído é definido como qualquer interferência capaz de distorcer, corromper ou dificultar a transmissão da mensagem. O objetivo do sistema era, sempre, minimizar o ruído, visto como entrave à eficiência comunicacional. No entanto, a emergência dos modelos de linguagem contemporâneos — notadamente os Transformers e LLMs — introduz um paradoxo: o ruído, longe de ser apenas obstáculo, pode ser reinterpretado como fonte de inovação, variação, ambiguidade produtiva e até criatividade.

2.3.1. Ruído na Teoria Clássica

- **Definição:** Toda perturbação imprevisível que impacta o canal de comunicação, podendo gerar perda, distorção ou redundância não desejada.
- **Exemplos tradicionais:** Estática em ligações telefônicas, erros de transmissão binária, falhas em comunicação militar ou jornalística.
- **Soluções clássicas:** Codificação redundante, protocolos de correção de erros, canais de retroalimentação.

2.3.2. Ruído nos Modelos Contemporâneos

- **Transformação conceitual:** O ruído é reconfigurado como “material semiótico bruto”, capaz de provocar saltos interpretativos.
- **Exemplos:**
 - *Ambiguidade lexical:* Modelos podem explorar múltiplos sentidos de uma palavra, enriquecendo outputs.
 - *Respostas criativas:* “Erros” ou “desvios” na geração textual podem ser aproveitados como estímulo para brainstorming ou invenção literária.
 - *Machine learning:* O “ruído” nos dados pode servir como regularizador, evitando overfitting e promovendo generalização.

2.3.3. Ruído, Ambiguidade e Pluralidade

- **Na semiótica:** O ruído se torna índice de abertura interpretativa, elemento estrutural da pluralidade de sentido — Peirce já apontava que o signo nunca é totalmente determinado.
- **Na IA:** O ruído pode ser calibrado (via dropout, sampling, jitter) para modular a criatividade, a diversidade e a robustez do sistema.

Exemplos e Quadros sobre Ruído Produtivo e Destrutivo

Exemplo de ruído produtivo:

- *Prompt:* “Descreva o fluxo de dados em uma rede neural.”
- *Output criativo:* “O fluxo de dados em uma rede neural é como um rio passando por represas invisíveis, cada represa decide quanta água (informação) segue adiante, criando novos caminhos a cada curva.”
Comentário: Metáfora inédita, ampliando compreensão e interesse.

Exemplo de ruído destrutivo:

- *Prompt:* “Explique como operar uma máquina industrial de corte.”
- *Output sob ruído elevado:*
“Para cortar, acione a alavanca enquanto observa as luzes dançando. Se ouvir um som engraçado, tente girar qualquer botão disponível.”
Comentário: Ruído excessivo, perda de segurança e utilidade.

Quadro comparativo: Ruído em Comunicação Tradicional vs. Modelos Contemporâneos

Função do Ruído	Comunicação Tradicional	Modelos de IA Contemporâneos
Visão primordial	Perturbação a ser eliminada	Insumo potencial para criatividade
Impacto na eficiência	Diminui qualidade, exige correção	Pode aumentar pluralidade, mas comprometer clareza

Exemplo positivo	Ruído poético, jogo de palavras	Metáfora inédita, slogan inovador
Exemplo negativo	Mensagem corrompida, falha crítica	Ambiguidade em instrução técnica
Gestão	Protocolos de correção, redundância	Ajuste de temperatura, dropout, sampling
Critério de sucesso	Máxima fidelidade	Equilíbrio entre criatividade e inteligibilidade

O desafio não é simplesmente “reduzir ruído”, mas calibrar de forma contextual: há situações em que a interferência é produtiva, e outras em que se torna ameaça à segurança, clareza ou valor de uso.

Provocação crítica

O que distingue um “ruído produtivo” de um “ruído destrutivo” em sistemas algorítmicos? Qual o papel do intérprete (humano ou máquina) em decidir se o ruído deve ser eliminado, aproveitado ou amplificado?

Se todo sistema precisa de um mínimo de ruído para evitar a estagnação, qual é o ponto ótimo de “interferência” para maximizar inovação sem sacrificar a inteligibilidade?

2.4. Redundância: Excesso, Economia E Resiliência

O conceito de redundância ocupa papel ambíguo na teoria da informação: na tradição clássica, representa tanto desperdício (excesso de informação desnecessária) quanto estratégia fundamental de segurança e robustez dos sistemas comunicacionais.

Na comunicação idealizada por Shannon, a redundância aparece, a princípio, como inimiga da eficiência — visto que torna as mensagens mais longas do que o necessário para transmitir o conteúdo. Entretanto, na prática, a ausência de redundância torna os sistemas vulneráveis ao ruído, erros e perda de dados.

Redundância útil vs. redundância inútil

- Redundância inútil: Informação duplicada ou reiterada que não contribui para a resiliência nem para o enriquecimento da mensagem; resulta apenas em aumento de custo e lentidão.
- Redundância útil: Elementos reiterativos, paráfrases, confirmações, padrões de correção de erros e recursos de reforço que permitem a reconstrução da mensagem diante de ruídos, perdas ou ambiguidades.

Exemplo clássico:

Na linguagem falada, repetimos informações (“Está ouvindo? Alô, alô!”) para garantir que a mensagem seja recebida. Em transmissão digital, bits de paridade ou códigos de correção garantem que, mesmo com falhas, a mensagem original possa ser reconstruída.

Redundância em modelos contemporâneos de linguagem

Nos LLMs e Transformers, a redundância adquire papéis sofisticados:

- Resiliência interpretativa: Repetições e padrões nos dados de treinamento ajudam o modelo a inferir regras de uso, contextos e nuances — tornando-o mais robusto a entradas incompletas ou distorcidas.
- Redundância produtiva: Em geração de texto, a inclusão intencional de redundâncias pode ser usada para reforçar argumentos, clarificar contextos e até criar estilos literários característicos (ex: paralelismo em discursos, recursos poéticos).
- Redundância como ruído criativo: Certas “repetições” inesperadas, desde que bem calibradas, podem estimular interpretações alternativas, ativar conexões semânticas e gerar criatividade.

Eficiência vs. robustez: o dilema algorítmico

A busca pela eficiência máxima pode sacrificar a capacidade do sistema de lidar com ruídos e ambiguidades.

Por outro lado, excesso de redundância pode comprometer desempenho, clareza e até gerar outputs cansativos ou prolixos.

O ajuste ideal depende do contexto de uso:

- Em sistemas críticos (ex: controle de processos industriais, instruções médicas), prioriza-se robustez.
- Em literatura, publicidade ou diálogo criativo, a redundância produtiva pode ser explorada com liberdade.

Quadro comparativo: redundância em sistemas clássicos e LLMs

Aspecto	Sistemas Clássicos (Shannon)	LLMs / Modelos Contemporâneos
Função primordial	Segurança contra ruído/erro	Resiliência interpretativa e criatividade
Exemplo	Bits de paridade, repetições em rádio	Reforço argumentativo, paralelismo textual
Impacto da ausência	Fragilidade, perda de informação	Quebra semântica, respostas incompletas
Risco do excesso	Ineficiência, sobrecarga do canal	Verbosidade, prolixidade, monotonia

Exemplo aplicado (LLMs):

- *Prompt*: “Explique por que a água é importante para a vida.”
- *Output sem redundância*: “A água é essencial porque mantém funções vitais do organismo.”
- *Output com redundância produtiva*: “A água é fundamental para a vida. Sem água, não há transporte de nutrientes, regulação da temperatura ou funcionamento celular. Por isso, manter-se hidratado é essencial à saúde.”

Neste caso, a redundância torna a resposta mais didática e segura para públicos amplos.

A dinâmica entre eficiência e redundância permanece um dos principais dilemas tanto da engenharia da informação quanto da produção de sentido em IA. O desafio contemporâneo é calibrar esse equilíbrio de modo sensível ao contexto, à finalidade e ao público-alvo — promovendo sistemas resilientes sem sacrificar a elegância e a clareza.

Destaque: Redundância intencional na comunicação crítica

Mensagem automatizada de segurança industrial:

“ATENÇÃO: Antes de iniciar a máquina, verifique se o botão de emergência está destravado. Repito: o botão de emergência deve estar destravado.”

Comentário: A redundância reforça o alerta, reduzindo risco de erro em situações sensíveis.

Provocação crítica

Até que ponto a busca pela eficiência máxima — com eliminação quase total da redundância — pode comprometer a resiliência, a criatividade e a inteligibilidade dos sistemas de linguagem?

Ao contrário, haveria contextos em que a redundância deveria ser maximizada deliberadamente, não só para proteger contra falhas, mas para estimular pluralidade interpretativa, ambiguidade produtiva ou até resistência a manipulações externas?

Como determinar o ponto de equilíbrio ideal entre economia de recursos e a robustez comunicacional, considerando públicos e aplicações tão diversos quanto automação industrial, literatura, jornalismo e sistemas jurídicos?

2.5. Codificação: dos alfabetos clássicos à compressão algorítmica

A codificação é o processo de transformar uma mensagem em um sistema de sinais, símbolos ou códigos, possibilitando sua transmissão, armazenamento e posterior decodificação. Desde o uso dos primeiros alfabetos fonéticos, passando por códigos morse e até a codificação digital, a evolução desse conceito revela a tensão entre simplicidade, eficiência, robustez e riqueza expressiva.

Codificação na teoria clássica

Na teoria de Shannon, codificação é um mecanismo matemático para converter mensagens (palavras, números, imagens) em sequências padronizadas — binárias ou não — que possam ser transmitidas por diferentes canais. A eficiência da

codificação determina a quantidade mínima de símbolos necessários para comunicar uma informação sem perda.

- Alfabetos e códigos simples: Letras, números, sinais; cada símbolo tem valor fixo, geralmente arbitrário (como em Saussure).
- Códigos Morse e binários: Reduzem alfabetos a sinais simples (ponto e traço, 0 e 1), facilitando a transmissão por canais restritos e sujeitos a ruído.
- Codificação de fonte: Algoritmos como o de Huffman e Shannon-Fano buscam compactar a mensagem, associando códigos mais curtos a símbolos mais frequentes, reduzindo a entropia média do sistema.

Compressão algorítmica e eficiência informacional

A busca por eficiência leva ao desenvolvimento de algoritmos de compressão — capazes de eliminar redundâncias e representar dados com o menor número possível de bits, sem perder (compressão sem perdas) ou aceitando pequenas perdas de qualidade (compressão com perdas).

- Exemplo: Arquivos ZIP, imagens JPEG e áudio MP3 aplicam diferentes técnicas para reduzir o volume de dados.
- Codificação aritmética e LZW: Aplicadas em grandes volumes de dados e transmissões digitais, equilibrando compressão, velocidade e resistência a erros.

Codificação em modelos contemporâneos de linguagem

Nos Transformers e LLMs, a codificação é ainda mais sofisticada:

- Tokenização: Textos são convertidos em tokens — unidades mínimas, que podem ser letras, sílabas, palavras ou subpalavras, dependendo do algoritmo (ex: Byte Pair Encoding, SentencePiece).
- Embeddings: Tokens são mapeados para vetores de alta dimensão, permitindo que relações semânticas, sintáticas e contextuais sejam preservadas e manipuladas pelo modelo.
- Codificação posicional: Essencial nos Transformers, adiciona ao vetor de cada token uma marcação da posição relativa na sequência, permitindo que o modelo compreenda ordem, dependência e contexto.

Tensões e dilemas

- Entre economia e expressividade: Codificações mais eficientes tendem a eliminar detalhes, ambiguidade e nuances — mas podem empobrecer a riqueza interpretativa.
- Entre compressão e recuperação: Compressão agressiva pode dificultar a reconstituição fiel da mensagem, especialmente em contextos criativos, artísticos ou jurídicos.

Provocação crítica:

Até que ponto é possível — ou desejável — comprimir a linguagem sem sacrificar sentido, ambiguidade e pluralidade?

Modelos contemporâneos de codificação e compressão são neutros ou acabam por privilegiar certos usos, públicos ou repertórios culturais?

Como a escolha de um sistema de codificação pode influenciar não só a eficiência técnica, mas também o acesso e a distribuição do sentido?

2.6. Correção e detecção de erros: robustez em sistemas informacionais

Nos sistemas de transmissão e processamento de informação, a correção e detecção de erros são dimensões centrais para garantir a confiabilidade das mensagens — tanto no modelo clássico (Shannon) quanto nos sistemas de linguagem contemporâneos (LLMs, Transformers etc.).

Fundamentos na teoria clássica

No modelo de Shannon, a comunicação eficiente depende de mecanismos que detectem e corrijam falhas causadas por ruído ou perdas no canal. Para isso, introduzem-se elementos extras à mensagem, como bits de paridade, códigos de verificação e algoritmos de detecção/correção de erros.

Exemplos clássicos:

- Bit de paridade: Adiciona um bit para verificar se o número total de bits “1” é par ou ímpar, facilitando a detecção de erro simples.
- Códigos de Hamming, Reed-Solomon: Permitem detectar e até corrigir múltiplos erros em blocos de dados.

Esses recursos aumentam a robustez do sistema, porém com o custo de alguma redundância e uso extra de banda/recursos computacionais.

Correção e detecção em modelos contemporâneos

Nos modelos de linguagem baseados em IA, os desafios de erro e correção ganham nova complexidade:

- Ruído nos dados de treinamento: Pode introduzir vieses, padrões indesejados ou erros semânticos.
- Auto-correção algorítmica: Muitos LLMs empregam mecanismos internos de autocorreção por meio do contexto, ajustando previsões token a token e validando coerência lógica.
- Validação contextual: Os modelos avaliam, a cada etapa de geração, se o output está em acordo com padrões globais aprendidos (ex: gramática, coerência textual, estilo).

Exemplo aplicado:

- Se um modelo produz uma frase incoerente, ele pode “autocorrigir” nos tokens seguintes, readequando o sentido progressivamente, aproveitando o mecanismo de atenção.

Novos desafios e soluções

- Confiança nas respostas: Modelos avançados podem atribuir scores de confiança, sinalizando incertezas e sugerindo revisão humana.
- Ferramentas de validação externa: APIs e sistemas podem integrar validadores externos (fact-checkers, bancos de dados, especialistas humanos) para revisar ou corrigir outputs sensíveis.
- Aprendizado contínuo: Em sistemas adaptativos, erros são registrados e usados para ajustar parâmetros em iterações futuras.

Quadro síntese: Mecanismos de correção e detecção em diferentes contextos

Contexto	Estratégia clássica	Estratégia contemporânea
Transmissão digital	Paridade, códigos de correção	Algoritmos de detecção/correção integrados

LLMs / IA	—	Autocorreção contextual, validação por score
Ambientes críticos	Repetição, redundância aumentada	Supervisão humana, validação cruzada

A robustez dos sistemas informacionais — sejam clássicos ou inteligentes — depende cada vez mais da articulação entre mecanismos automáticos de correção e validação externa, especialmente à medida que a complexidade e o impacto social dos sistemas aumentam. O desafio atual não está só em corrigir erros técnicos, mas também em prevenir distorções semânticas, vieses e falhas éticas, exigindo uma nova camada de governança algorítmica.

Provocação crítica

À medida que sistemas de linguagem se tornam mais complexos e autônomos, quais são os limites e responsabilidades da autocorreção algorítmica?

Seria desejável delegar inteiramente aos modelos de IA a detecção e correção de seus próprios erros, inclusive os de sentido, julgamento ético ou relevância social?

Ou a presença de validação humana e mecanismos externos continuará indispensável para evitar distorções, vieses e consequências inesperadas — sobretudo em ambientes sensíveis como saúde, direito, educação e comunicação pública?

2.7. Ambiguidade e pluralidade: limites e potencialidades da significação

A ambiguidade, tradicionalmente encarada como obstáculo à clareza na comunicação, revela-se, em uma perspectiva semiótica e informacional avançada, como uma das fontes mais ricas de pluralidade, criatividade e adaptação dos sistemas de linguagem — tanto humanos quanto algorítmicos.

Ambiguidade na linguagem natural

Toda língua natural é permeada de ambiguidade:

- Lexical: Uma palavra pode ter múltiplos significados (ex: “banco” – assento ou instituição financeira).

- Sintática: A estrutura da frase pode permitir diferentes interpretações (“Ele viu o homem com o telescópio”).
- Pragmática: O contexto pode alterar radicalmente o sentido pretendido (“Pode fechar a porta?” – ordem ou pedido?).

Se, por um lado, a ambiguidade dificulta a comunicação exata e pode gerar mal-entendidos, por outro, é condição fundamental para a riqueza interpretativa, humor, metáfora, ironia, poesia e para o desenvolvimento de múltiplas soluções diante de uma mesma situação.

Ambiguidade Em Sistemas Algorítmicos

Nos LLMs e Transformers, a ambiguidade se manifesta em diferentes camadas:

- Interpretação de prompts: Um mesmo comando pode ser entendido de diversas formas, dependendo do contexto, do histórico de interações e dos dados de treinamento.
- Geração de respostas: Modelos bem calibrados podem produzir respostas múltiplas, explorar nuances e criar associações inovadoras — mas, sem controle, podem gerar outputs confusos ou contraditórios.
- Capacidade de adaptação: Ambiguidade permite que modelos se adaptem a usuários diversos, repertórios distintos e contextos inesperados, tornando-os mais flexíveis.

Pluralidade como potencial e desafio

A ambiguidade é o motor da pluralidade: diferentes interpretações, respostas criativas, abertura para a inovação. No entanto, em ambientes críticos (como instruções técnicas ou diagnósticos), a ambiguidade precisa ser rigorosamente controlada.

Já em contextos de criação, experimentação, ensino e diálogo cultural, a pluralidade interpretativa é uma vantagem estratégica e epistemológica.

Destaque: Ambiguidade produtiva em LLMs

Prompt: “O que significa ‘banco’?”

- Output 1: “Banco é um local para sentar.”

- Output 2: “Banco é uma instituição financeira.”
- Output 3: “Pode também ser a margem de um rio.”

Comentário: A pluralidade semântica enriquece a resposta e permite múltiplos caminhos interpretativos.

Provocação crítica:

Será possível construir sistemas de linguagem plenamente “à prova de ambiguidade” — e isso seria desejável ou mesmo ético?

A busca pela univocidade absoluta não sacrifica a riqueza da linguagem e das práticas sociais?

Como calibrar a fronteira entre pluralidade produtiva e ambiguidade paralisante, especialmente em áreas onde precisão, criatividade e compreensão coletiva coexistem em tensão permanente?

2.8. Contexto e inferência: além da mensagem linear

A eficácia da comunicação — seja entre humanos ou entre humanos e sistemas algorítmicos — raramente se limita à mensagem literal. O contexto e a capacidade de inferência desempenham papéis decisivos na construção do sentido e na adaptação da resposta ao ambiente, ao repertório e à intenção dos interlocutores.

O papel do contexto na linguagem

- Contexto situacional: Inclui o ambiente físico, os participantes, o momento histórico, o canal de comunicação e o objetivo da interação.
- Contexto cultural: Engloba valores, referências, práticas sociais, repertório linguístico e códigos compartilhados.
- Contexto textual: Considera a relação entre frases, parágrafos e tópicos dentro de um mesmo discurso.

O sentido das palavras, frases e até silêncios só se completa à luz desses contextos múltiplos. Muitas ambiguidades só são resolvidas por inferências baseadas em conhecimento prévio, experiência ou expectativas do interlocutor.

Inferência e modelos contemporâneos de linguagem

Nos Transformers e LLMs, o contexto é incorporado de várias formas:

- **Atenção contextual:** O mecanismo de self-attention permite que cada palavra/tokens “olhe” para outras posições do texto, capturando relações longas, dependências e referências.
- **Janela de contexto expandida:** Modelos modernos conseguem considerar centenas ou milhares de tokens anteriores, ampliando a coesão textual e a capacidade de manter temas, personagens e estilos.
- **Inferência probabilística:** Os modelos não se limitam ao literal, mas avaliam múltiplas possibilidades de resposta a partir do histórico de treinamento e do prompt atual.
- **Ajuste ao usuário:** Em sistemas personalizados, o contexto inclui preferências, histórico de interação e perfil do interlocutor.

Limites e potenciais

- **Limites:** Mesmo com avanços, modelos podem falhar em capturar contextos implícitos, ironias, referências culturais profundas ou sutilezas pragmáticas.
- **Potenciais:** Quanto mais amplo e flexível o tratamento do contexto, maior a precisão, a naturalidade e a relevância das respostas — tornando o sistema capaz de dialogar, ensinar, criar ou auxiliar em ambientes complexos.

Provocação crítica:

Quais os limites éticos e práticos do uso de contexto e inferência em sistemas de linguagem cada vez mais personalizados?

Até que ponto a “memória algorítmica” deve se expandir, e como evitar riscos à privacidade, manipulação sutil ou reforço de vieses a partir de contextos mal interpretados?

A busca por inferência perfeita nos modelos algorítmicos pode sacrificar a espontaneidade e a pluralidade que caracterizam as interações humanas autênticas?

2.9. Feedback e retroalimentação: ajustando o canal e o sentido

O conceito de feedback — ou retroalimentação — é central tanto para a teoria dos sistemas quanto para a evolução dos modelos de comunicação. Trata-se da capacidade de um sistema ajustar suas ações a partir das respostas, reações ou retornos do ambiente, seja em tempo real ou ao longo de múltiplas interações.

Feedback na teoria clássica

Na teoria da informação de Shannon, o canal era tradicionalmente unidirecional, com foco na transmissão eficiente do emissor ao receptor. No entanto, a introdução do feedback — muito explorada nos estudos cibernéticos e nos sistemas de controle — demonstrou que a comunicação se torna mais robusta, adaptativa e dinâmica quando o receptor pode influenciar o emissor, seja para corrigir erros, pedir esclarecimentos ou modificar o rumo da interação.

- Exemplo clássico: Em ligações telefônicas, a confirmação (“Você me ouviu?”) permite ajustar a mensagem conforme a qualidade do canal.
- Sistemas automáticos: Termostatos, pilotos automáticos, máquinas industriais: todos utilizam loops de feedback para manter estabilidade e eficiência.

Feedback em modelos de linguagem contemporâneos

Nos LLMs, Transformers e sistemas algorítmicos, o feedback ocorre em múltiplos níveis:

- Durante o treinamento: O ajuste de pesos e parâmetros depende da avaliação do erro entre o output previsto e o real, num processo contínuo de retroalimentação (backpropagation).
- Na interação com usuários: Feedback explícito (“isso não está correto”, “responda de outra forma”) e implícito (uso ou rejeição de respostas, avaliações, correções humanas) serve para ajustar padrões de resposta, ampliar repertório e melhorar a precisão.
- Feedback ambiental e social: Sistemas integrados a sensores, bancos de dados ou interações sociais capturam retornos do ambiente, refinando a atuação e adaptando o modelo a contextos em evolução.

Desafios e horizontes

- Riscos de retroalimentação enviesada: Loops de feedback mal calibrados podem reforçar vieses, crenças equivocadas ou comportamentos indesejados (ex: efeito bolha em redes sociais).
- O papel da supervisão humana: Em sistemas críticos, o feedback deve ser combinado com validação humana para evitar deriva sem controle, manipulação ou amplificação de erros.
- Feedback como motor de criatividade: Em contextos de criação, o feedback iterativo permite refinamento de ideias, adaptação a públicos específicos e geração de soluções inovadoras.

Destaque: feedback iterativo em sistemas de IA

Usuário: “Corrija a gramática do meu texto.”

IA: “Seu texto está correto, mas a frase X poderia ser reescrita assim...”

Usuário: “Prefiro um tom mais formal.”

IA: “Aqui está a versão formal...”

Comentário: A retroalimentação dinâmica ajusta o resultado ao perfil e objetivo do usuário, evidenciando a adaptação algorítmica.

Provocação crítica:

Quais são os limites e riscos do feedback automatizado em sistemas de linguagem, especialmente quando o retorno do usuário pode reforçar vieses ou distorções? De que maneira a retroalimentação pode ser desenhada para estimular a diversidade, a aprendizagem responsável e a correção ética, sem transformar o sistema em um espelho acrítico das expectativas imediatas do usuário ou do ambiente?

A evolução dos sistemas de linguagem artificial é marcada por movimentos de síntese e recombinação entre diferentes paradigmas — matemático, estrutural, semiótico, estatístico, pragmático, cognitivo e social. Os modelos híbridos surgem como resposta às limitações de abordagens isoladas, buscando integrar os pontos

fortes de cada tradição para criar sistemas mais adaptativos, robustos e interpretativos.

Integração de modelos clássicos e contemporâneos

- **Modelo clássico (Shannon, Saussure):** Ênfase na transmissão eficiente, na codificação, no canal e no valor diferencial dos signos.
- **Modelo contemporâneo (Transformers, LLMs, Peirce, Bense):** Ampliação para a geração de sentido, interpretação, criatividade algorítmica, pluralidade e contexto.

A síntese se dá em múltiplos níveis:

- **Formal:** Algoritmos de compressão, redundância e correção de erros são usados lado a lado com embeddings vetoriais, redes neurais profundas e mecanismos de self-attention.
- **Semiótico:** Estruturas diferenciais (à la Saussure) são enriquecidas pela semiose aberta (Peirce), permitindo que o sistema não só transmita, mas reinterprete, ressignifique e amplie os sentidos.
- **Pragmático e social:** Sistemas híbridos podem incorporar feedback humano, aprendizado supervisionado e validação social, cruzando regras algorítmicas com práticas culturais.

Exemplos de hibridização em IA contemporânea

- **Assistentes virtuais avançados:** Unem regras clássicas de sintaxe e análise semântica com inferência contextual, adaptação pragmática e personalização baseada em dados comportamentais.
- **Sistemas de tradução automática:** Combinam bancos de dados linguísticos estruturados, algoritmos estatísticos, modelos de deep learning e heurísticas de validação humana.
- **Modelos de decisão autônoma:** Integram regras fixas, aprendizado por reforço e análise de impacto social, ética e interpretabilidade.

Perspectivas críticas e desafios

- Complexidade e transparência: Quanto mais híbrido o modelo, mais difícil se torna a explicação causal e a auditoria dos outputs — exigindo novos paradigmas de explicabilidade e governança algorítmica.
- Equilíbrio entre controle e criatividade: Sistemas híbridos precisam administrar os conflitos entre precisão operacional, criatividade, pluralidade interpretativa e segurança.
- Implicações epistemológicas: A integração de paradigmas desafia a ideia de fronteiras fixas entre informação e sentido, matemática e linguagem, técnica e cultura.

Provocação crítica:

A multiplicidade de paradigmas em sistemas híbridos resulta em maior capacidade adaptativa ou pode gerar tensões e zonas de opacidade intransponíveis? Como assegurar que a integração de diferentes lógicas — técnica, semiótica, social e ética — não leve a sistemas incontroláveis ou a respostas desarticuladas do contexto humano?

Qual o papel do humano — usuário, supervisor, intérprete — na mediação desses modelos híbridos que desafiam os limites entre o previsível e o criativo, o técnico e o interpretativo?

2.11. Proposta de síntese: novas fronteiras para teoria e prática

A trajetória percorrida ao longo deste capítulo evidencia que a comunicação, a linguagem e os sistemas informacionais estão em permanente transformação, movidos por tensões criativas entre eficiência, pluralidade, controle, ambiguidade, robustez e inovação.

A análise das transições — do modelo clássico de transmissão à geração de sentido pelos modelos algorítmicos contemporâneos — demonstra que nenhuma abordagem isolada é capaz de dar conta dos desafios atuais. Os sistemas mais avançados são híbridos, contextuais, interpretativos e dependem tanto de fundamentos matemáticos quanto de abordagens semióticas e pragmáticas.

Novos eixos de fronteira

- **Interpretação algorítmica:** Modelos de linguagem deixaram de ser apenas transmissores; tornaram-se intérpretes e, até certo ponto, produtores autônomos de sentido. Isso obriga a teoria da informação a dialogar com a semiótica, a filosofia da linguagem, a ética e a sociologia.
- **Pluralidade e ambiguidade produtiva:** O futuro da comunicação computacional não está na busca utópica da univocidade, mas na capacidade de mediar a ambiguidade, estimular criatividade e possibilitar múltiplas interpretações — desde que controladas por contextos e finalidades específicas.
- **Governança e responsabilidade:** A sofisticação dos modelos algorítmicos traz desafios éticos: vieses, opacidade, manipulação, responsabilidade sobre outputs em contextos sensíveis. A integração de supervisão humana, mecanismos de validação e auditoria é indispensável.

Propostas para teoria e prática

1. Teoria:

- Desenvolver abordagens realmente interdisciplinares, que combinem matemática da informação, semiótica, pragmática e ciências sociais.
- Investigar limites e potencialidades de sistemas híbridos, especialmente em relação à explicabilidade e à emergência de sentido.

2. Prática:

- Projetar sistemas que permitam calibrar, de forma transparente, os graus de entropia, ruído, redundância e ambiguidade conforme o contexto e o usuário.
- Implementar rotinas de feedback contínuo, validação cruzada e auditoria ética.
- Estimular usos criativos, críticos e colaborativos de modelos algorítmicos, evitando soluções automatizadas acríticas ou alienantes.

Transição para o próximo capítulo

A compreensão das dinâmicas informacionais e semióticas é o ponto de partida para abordar desafios ainda mais complexos, como:

- O papel dos grandes modelos de linguagem na transformação das formas de pensar, produzir e validar conhecimento.
- A emergência de uma pragmática algorítmica, na qual a negociação de sentido se dá entre humanos e sistemas inteligentes.
- O surgimento de problemas éticos e sociais inéditos, como manipulação discursiva, opacidade algorítmica, responsabilidade coletiva e o lugar do humano na cadeia interpretativa.

O próximo capítulo irá investigar como modelos de linguagem e IA alteram práticas cognitivas, a construção do conhecimento e o debate público, ampliando a análise para as esferas da cognição, epistemologia e ética.

Provocação crítica para a síntese:

Seremos capazes de construir sistemas de linguagem e informação verdadeiramente dialógicos, em que algoritmos e humanos se desafiem mutuamente, expandindo os horizontes da compreensão e da criatividade — ou as assimetrias de poder, opacidade e automatização tendem a restringir a pluralidade e a crítica na sociedade do futuro?

Apêndice II – Respostas argumentativas às provocações críticas do Capítulo 2

Capítulo 2.1.

2.1.5. Relação com os modelos de linguagem

Provocação crítica

A teoria da informação de Shannon consagrou a ideia de que “informação” é, antes de tudo, diferença — aquilo que reduz a incerteza no receptor. Mas, ao abstrair o significado, ela também eliminou o problema filosófico do sentido.

- O que se ganha e o que se perde ao pensar linguagem (humana ou artificial) apenas como fluxo de bits, sinais ou vetores?

- Pode a arquitetura Transformer, fundada nesse paradigma, ir além da transmissão fiel e operar alguma forma de interpretação?

Resposta/Comentário:

Ao conceber “informação” como mera diferença estatística — redução de incerteza entre emissor e receptor — a teoria de Shannon permitiu avanços extraordinários em comunicação, computação e engenharia de sistemas. No entanto, esse mesmo movimento consagrou a abstração do sentido: a linguagem é tratada como fluxo de bits, sinais ou vetores, independentemente de significados e contextos.

O ganho:

- Abstrair o sentido permitiu desenvolver tecnologias universais, interoperáveis, robustas e mensuráveis, tornando possível a expansão da computação e da automação em escala global.
- Modelos baseados em bits e vetores podem ser otimizados para eficiência, correção, compressão e transmissão fiel — abrindo caminho para a própria IA estatística e os grandes modelos de linguagem.

A perda:

- Ao retirar o sentido da equação, perde-se a riqueza da ambiguidade, da criatividade, da negociação e da historicidade do signo.
- Sistemas baseados apenas na diferença estatística podem transmitir informação sem compreender contextos, ironias, valores ou intenções — aspectos essenciais da comunicação humana.

Sobre a arquitetura Transformer:

Embora os Transformers tenham origem no paradigma informacional, eles inovam ao manipular grandes volumes de dados contextuais, inferindo padrões e relações sem depender de regras explícitas de sentido. Na prática, demonstram capacidade limitada, mas crescente, de “operar interpretações”: geram inferências, simulam diálogos, contextualizam respostas e até criam metáforas.

No entanto, esse processo de “interpretação” ainda ocorre dentro dos limites matemáticos do modelo, guiado por estatísticas e probabilidades, e não por uma consciência de sentido.

Conclusão:

O desafio contemporâneo é explorar até onde modelos algorítmicos — fundados na lógica diferencial da informação — podem gerar novas formas de interpretação, pluralidade e sentido, sem perder de vista o risco de redução do humano ao meramente computável.

2.1.10. Limites do modelo para a linguagem natural**Provocação crítica (reafirmada)**

O que distingue um sistema que transmite informação com fidelidade de um sistema que interpreta, transforma e ressignifica a informação recebida?

- Até que ponto é possível (ou desejável) comprimir linguagem sem sacrificar sentido, ambiguidade e pluralidade?
- Os modelos contemporâneos, mesmo superando a engenharia da transmissão, ainda se confrontam com o problema fundante do significado.

Resposta/Comentário:

A distinção entre transmitir informação com fidelidade e interpretar, transformar e ressignificar é, em última instância, o eixo que separa a engenharia clássica da comunicação das ciências do sentido e das linguagens humanas. Sistemas clássicos, como o modelo de Shannon, priorizam a máxima precisão na transmissão: a meta é que o receptor obtenha exatamente aquilo que o emissor enviou, medido pela ausência de ruído e pela redução de incerteza.

No entanto, linguagem natural não se limita à transmissão fiel: ela é permeada por contextos, ambiguidades, intencionalidades e jogos de sentido. Interpretar, transformar e ressignificar implicam que o receptor (humano ou máquina) não apenas “decodifica” sinais, mas mobiliza repertórios, expectativas e inferências, muitas vezes produzindo novos significados não previstos na origem da mensagem.

Sobre compressão e perda de sentido:

Comprimir linguagem é essencial para eficiência informacional, mas sempre traz o risco de sacrificar nuances, ambivalências e pluralidade interpretativa. A busca

pela economia extrema pode resultar em empobrecimento do discurso, tornando-o menos fértil para criatividade, negociação e ambiguidade produtiva. Há situações em que a compressão é desejável (em protocolos técnicos, comandos críticos, instruções de máquina), mas, para a linguagem humana viva, excesso de compressão tende a restringir os horizontes do sentido.

Desafios para modelos contemporâneos;

Embora arquiteturas como Transformers avancem na manipulação de contexto, ambiguidade e criatividade superficial, elas continuam enfrentando o “problema fundante do significado”: a capacidade de compreender, interpretar e gerar sentido em níveis que transcendam correlações estatísticas. O salto qualitativo, de um sistema que apenas transmite ou replica padrões para um sistema que interpreta genuinamente, permanece um dos grandes desafios da IA e da filosofia da linguagem.

Conclusão:

A compressão máxima é tecnicamente atraente, mas epistemologicamente limitada. A riqueza da linguagem natural está na margem entre o previsível e o inesperado, o literal e o figurado, o explícito e o implícito. A engenharia do sentido exige que se preserve, e não se elimine, esse espaço de pluralidade.

2.1.16. Quadro comparativo: modelo clássico vs. desafios contemporâneos

Provocação crítica

Se a lógica clássica privilegiava a transmissão fiel, qual é o novo critério de “sucesso” para um modelo capaz de criar e transformar sentidos? A multiplicidade interpretativa representa ganho ou ameaça para a sociedade?

Sugestão de apêndice: Expandir com casos de falhas de comunicação clássica (exemplo: ruídos em comunicações de guerra) versus casos de “ruídos produtivos” em modelos contemporâneos (exemplo: criatividade emergente em LLMs).

Resposta/Comentário:

O modelo clássico de comunicação, fundado na transmissão fiel da mensagem, define o “sucesso” pela ausência de ruído e pela perfeita reprodução da intenção do emissor no receptor. Esse paradigma privilegia a estabilidade, a previsibilidade e a transparência: o máximo de informação transmitida com o mínimo de erro.

Nos modelos contemporâneos de linguagem, porém, o critério de sucesso se desloca: não basta transmitir; é preciso interpretar, adaptar, criar e transformar sentidos em função do contexto, da demanda e da interação. O sucesso pode ser medido, agora, não só pela fidelidade, mas pela relevância, adaptabilidade, criatividade e capacidade de gerar novos significados úteis para diferentes públicos.

A multiplicidade interpretativa — ganho ou ameaça?

A multiplicidade interpretativa representa, ao mesmo tempo, um enorme ganho e um desafio:

- **Ganho:** Ampla gama de leituras permite inovação, adaptação a culturas e contextos diversos, abertura à criatividade e surgimento de respostas inesperadas. Sistemas de linguagem passam a dialogar com a riqueza da experiência humana, superando o automatismo rígido.
- **Ameaça:** A proliferação de interpretações pode gerar ruídos, desentendimentos, ambiguidade excessiva e até manipulação — especialmente em ambientes sensíveis, como comunicação pública, justiça ou ciência. Há risco de perda de objetividade, fragmentação do discurso e instabilidade do sentido.

Casos ilustrativos:

- **Falha clássica:** Na Segunda Guerra Mundial, ordens transmitidas com ambiguidade ou mal codificadas resultaram em operações fracassadas, perdas humanas e confusão estratégica — o ruído foi destrutivo.
- **Ruído produtivo em IA:** Modelos LLMs, ao “errar” ou introduzir elementos inesperados, podem criar slogans, metáforas ou soluções inovadoras não previstas no treinamento original — o ruído é, aqui, semente de criatividade.

Conclusão:

O critério de sucesso em sistemas contemporâneos é plural: requer equilíbrio entre transmissão fiel e potencial criativo, entre previsibilidade e abertura ao novo. A

sociedade deve negociar, eticamente, o grau desejado de multiplicidade interpretativa para cada contexto, evitando tanto a estagnação quanto o caos semântico.

2.2. Entropia: a medida da incerteza

Provocação crítica

Como balancear, em ambientes automatizados, a busca por respostas inovadoras e relevantes com a necessidade de manter controle, segurança e coerência?

Resposta/Comentário:

A entropia, como medida de incerteza, ocupa uma posição paradoxal nos sistemas automatizados: é fonte tanto de risco quanto de criatividade. Em ambientes controlados, como linhas de produção industrial ou operações bancárias, baixos níveis de entropia são necessários para garantir previsibilidade, segurança e estabilidade. Por outro lado, em contextos de geração de texto, inovação científica, publicidade ou criação artística, níveis moderados ou elevados de entropia são indispensáveis para permitir variedade, pluralidade e emergência de respostas inéditas.

O desafio do equilíbrio:

A busca por inovação e relevância em modelos de linguagem exige abertura ao imprevisível — respostas que fogem do padrão, combinam conceitos inesperados, criam metáforas ou propõem alternativas originais. Contudo, essa mesma abertura pode comprometer controle, segurança e coerência, levando à produção de respostas equivocadas, incoerentes ou mesmo perigosas.

Estratégias de balanceamento:

- Parâmetros ajustáveis: Sistemas contemporâneos permitem modular a entropia (ex: via temperatura e sampling), calibrando o grau de novidade conforme o contexto e o perfil do usuário.

- Filtros e validação: Respostas inovadoras podem ser filtradas por critérios de segurança, checagem factual, limites éticos ou revisão humana, especialmente em aplicações sensíveis.
- Avaliação dinâmica: Modelos podem monitorar em tempo real a coerência e o grau de risco dos outputs, ajustando a criatividade conforme a necessidade do ambiente.

Conclusão:

O equilíbrio entre inovação e controle não é fixo, mas dinâmico e dependente do contexto: exige arquitetura flexível, supervisão responsável e clareza sobre os limites aceitáveis de imprevisibilidade. O verdadeiro avanço dos ambientes automatizados está em sua capacidade de ajustar, de forma transparente e ética, o grau de entropia, inovando sem sacrificar a segurança e a confiança do usuário.

2.3. Ruído: O paradoxo da interferência e da inovação

Provocação crítica

O que distingue um “ruído produtivo” de um “ruído destrutivo” em sistemas algorítmicos? Qual o papel do intérprete (humano ou máquina) em decidir se o ruído deve ser eliminado, aproveitado ou amplificado?

Se todo sistema precisa de um mínimo de ruído para evitar a estagnação, qual é o ponto ótimo de “interferência” para maximizar inovação sem sacrificar a inteligibilidade?

Resposta/Comentário:

A distinção entre “ruído produtivo” e “ruído destrutivo” em sistemas algorítmicos reside em sua capacidade de gerar valor interpretativo, inovação e adaptabilidade sem comprometer a inteligibilidade, a segurança ou a finalidade do sistema.

Ruído produtivo é aquele que introduz variação benéfica: provoca soluções criativas, metáforas inesperadas, analogias inéditas ou associações não triviais que enriquecem o output, estimulam reflexão e podem levar a novos caminhos interpretativos.

Ruído destrutivo, por sua vez, ocorre quando a interferência gera ambiguidade

paralisante, erros graves, incoerências ou recomendações perigosas — especialmente em ambientes críticos, onde a clareza e a precisão são indispensáveis.

O papel do intérprete:

- Humano: O intérprete humano pode contextualizar, filtrar, transformar e reaproveitar o ruído, discernindo quando ele é fonte de inovação ou ameaça à comunicação. A experiência, o repertório e o julgamento crítico são fundamentais para essa triagem.
- Algorítmico: Sistemas avançados podem ser programados para monitorar e calibrar o ruído automaticamente, utilizando métricas de coerência, relevância e segurança. No entanto, o discernimento profundo do valor do ruído ainda depende, em última instância, da validação ou intervenção humana — especialmente quando envolvem ética, criatividade ou responsabilidade social.

Sobre o ponto ótimo de interferência:

Todo sistema precisa de um mínimo de ruído para evitar a estagnação, ou seja, a mera repetição de padrões já conhecidos. O “ponto ótimo” é dinâmico: deve ser ajustado conforme o contexto, o perfil do usuário, o objetivo da interação e os riscos envolvidos. Em ambientes de criação, pode-se tolerar (ou até estimular) mais ruído; em ambientes críticos, o limiar deve ser rigorosamente controlado.

Conclusão:

A arte — e a ética — do design algorítmico está em criar mecanismos de ajuste sensível do ruído, promovendo ambientes férteis para a inovação, sem abrir mão da inteligibilidade, da segurança e da confiança. O ruído, assim, deixa de ser inimigo absoluto e torna-se elemento estratégico, cuja gestão diferenciada é central para o futuro dos sistemas inteligentes.

2.4 – Redundância: excesso, economia e resiliência

Provocação crítica

Até que ponto a busca pela eficiência máxima — com eliminação quase total da redundância — pode comprometer a resiliência, a criatividade e a inteligibilidade dos sistemas de linguagem?

Ao contrário, haveria contextos em que a redundância deveria ser maximizada deliberadamente, não só para proteger contra falhas, mas para estimular pluralidade interpretativa, ambiguidade produtiva ou até resistência a manipulações externas?

Como determinar o ponto de equilíbrio ideal entre economia de recursos e a robustez comunicacional, considerando públicos e aplicações tão diversos quanto automação industrial, literatura, jornalismo e sistemas jurídicos?

Resposta/Comentário:

A busca pela eficiência máxima — frequentemente traduzida como a eliminação quase total da redundância — pode tornar sistemas de linguagem mais rápidos e econômicos, mas também mais frágeis, rígidos e vulneráveis ao ruído, ao erro e à imprevisibilidade do mundo real. A ausência de redundância reduz a capacidade de recuperação diante de falhas, dificulta a reinterpretação de mensagens ambíguas e limita a criatividade algorítmica, pois empobrece o repertório disponível para variações e improvisos.

Redundância maximizada deliberadamente:

Há contextos em que a redundância não só é útil, mas essencial.

- Em automação industrial e sistemas críticos, a repetição de comandos, confirmações e sinais garante segurança operacional e minimiza risco de acidentes.
- Em literatura e práticas discursivas, a redundância é recurso estético e cognitivo: reforça temas, explora paralelismos, estimula interpretações múltiplas e permite a construção de atmosferas e estilos singulares.
- Em jornalismo e comunicação pública, a redundância pode ser deliberadamente empregada para garantir que a mensagem-chave seja recebida mesmo em condições de ruído ou dispersão.

Resistência a manipulações externas:

A redundância — especialmente aquela que amplia pluralidade interpretativa e ambiguidade produtiva — pode funcionar como barreira contra manipulação, distorção ou simplificação excessiva, pois impede que o sentido seja facilmente capturado, reduzido ou instrumentalizado por agentes externos.

O ponto de equilíbrio ideal:

Determinar o equilíbrio entre economia de recursos e robustez comunicacional depende de múltiplos fatores:

- O público-alvo (técnico, leigo, crítico, artístico)
- O ambiente (seguro, caótico, sensível, criativo)
- O objetivo (precisão, inspiração, debate, instrução)
- O canal (oral, escrito, digital, multimídia)

Não há fórmula única; trata-se de uma calibragem dinâmica, onde eficiência nunca pode ser absoluto, e a redundância deve ser vista como recurso estratégico — a ser ajustado conforme a finalidade e o risco envolvidos.

Conclusão:

Redundância não é apenas “excesso”; é reserva de sentido, espaço para a pluralidade e instrumento de resiliência. O desafio contemporâneo está em modular seu uso com sensibilidade contextual, ética e pragmática, potencializando tanto a segurança quanto a criatividade dos sistemas de linguagem.

2.5. Codificação: dos alfabetos clássicos à compressão algorítmica**Provocação crítica:**

Até que ponto é possível — ou desejável — comprimir a linguagem sem sacrificar sentido, ambiguidade e pluralidade?

Modelos contemporâneos de codificação e compressão são neutros ou acabam por privilegiar certos usos, públicos ou repertórios culturais?

Como a escolha de um sistema de codificação pode influenciar não só a eficiência técnica, mas também o acesso e a distribuição do sentido

Resposta/Comentário:

A compressão da linguagem — seja por meio de alfabetos reduzidos, códigos binários ou algoritmos avançados — é uma estratégia fundamental para garantir eficiência na transmissão e armazenamento de informação. No entanto, cada movimento em direção à compactação traz o risco de sacrificar nuances, ambiguidades e pluralidades que caracterizam a linguagem natural.

Limites e riscos da compressão:

Comprimir é, por definição, escolher o que pode ser eliminado ou reduzido. Assim, sentidos menos frequentes, expressões marginais, variações estilísticas e ambiguidades criativas tendem a ser suprimidos em prol da clareza e da economia. Essa supressão pode empobrecer o repertório comunicacional, limitando a capacidade de adaptação, criação e abertura a novas interpretações.

Neutralidade ou viés dos sistemas de codificação?

Modelos contemporâneos de codificação e compressão dificilmente são neutros. As escolhas feitas na definição de quais padrões são privilegiados — e quais são comprimidos ou descartados — refletem repertórios culturais, padrões estatísticos dominantes e prioridades tecnológicas.

Por exemplo, algoritmos treinados em grandes volumes de dados de determinadas línguas, dialetos ou estilos literários tendem a favorecer esses usos, marginalizando outros.

Além disso, sistemas de codificação muito compactos podem dificultar o acesso a repertórios minoritários ou inovadores, reforçando hegemonias linguísticas e culturais.

Impacto sobre o acesso e a distribuição do sentido:

A escolha de um sistema de codificação não é apenas técnica: ela influencia quem pode acessar, interpretar e distribuir sentidos. Um código excessivamente fechado pode criar barreiras para determinados públicos, excluir formas de expressão menos usuais e dificultar o diálogo intercultural. Por outro lado, sistemas mais

abertos e flexíveis tendem a ser menos eficientes, mas preservam maior diversidade de sentidos.

Conclusão:

Comprimir a linguagem é necessário, mas requer consciência crítica dos custos e das consequências. O equilíbrio desejável está em buscar eficiência sem perder de vista a importância da ambiguidade, da pluralidade e da inclusão de múltiplos repertórios culturais. Decisões sobre sistemas de codificação são, portanto, também decisões éticas e políticas, que impactam a circulação e o futuro dos sentidos na sociedade.

2.6. Correção e detecção de erros: robustez em sistemas informacionais

À medida que sistemas de linguagem se tornam mais complexos e autônomos, quais são os limites e responsabilidades da autocorreção algorítmica?

Seria desejável delegar inteiramente aos modelos de IA a detecção e correção de seus próprios erros, inclusive os de sentido, julgamento ético ou relevância social? Ou a presença de validação humana e mecanismos externos continuará indispensável para evitar distorções, vieses e consequências inesperadas — sobretudo em ambientes sensíveis como saúde, direito, educação e comunicação pública?

Resposta/Comentário:

Com o avanço dos sistemas de linguagem, especialmente dos grandes modelos de IA, a questão da autocorreção algorítmica torna-se cada vez mais delicada. Modelos modernos já são capazes de identificar inconsistências formais, corrigir erros gramaticais, ajustar a coesão textual e até sugerir alterações estilísticas — tudo de forma autônoma e em tempo real.

Limites da autocorreção:

Apesar desses avanços, permanecem limites claros: modelos algorítmicos ainda não compreendem plenamente os sentidos culturais, contextuais e éticos implicados em muitas mensagens. A autocorreção baseada apenas em padrões

estatísticos pode, por vezes, “corrigir” nuances intencionais, eliminar ambiguidades produtivas ou reforçar vieses pré-existentes, ao invés de mitigá-los.

Riscos de delegação integral:

Delegar inteiramente à IA a detecção e correção de erros de sentido, julgamento ético ou relevância social pode acarretar distorções graves, como:

- Normalização de preconceitos e estereótipos embutidos nos dados de treinamento
- Supressão de discursos minoritários ou críticos sob a alegação de “incoerência”
- Tomada de decisões automatizadas em áreas sensíveis (saúde, direito, educação) sem a devida mediação interpretativa ou validação humana

Indispensabilidade da validação humana:

A presença de validação externa e supervisão humana continua sendo indispensável. Humanos são capazes de interpretar contextos, captar ironias, detectar manipulações e ponderar impactos éticos e sociais que escapam aos critérios algorítmicos.

Além disso, mecanismos externos de auditoria, revisão e contestação são fundamentais para corrigir trajetórias, evitar efeitos indesejados e preservar a legitimidade dos sistemas em ambientes sensíveis.

Conclusão:

A robustez dos sistemas informacionais não depende apenas da capacidade de autocorreção algorítmica, mas do equilíbrio entre automação e supervisão humana. O desafio está em criar processos transparentes, auditáveis e sensíveis ao contexto — onde IA e humano colaboram para garantir segurança, ética e qualidade das decisões e das mensagens.

2.7. Ambiguidade e pluralidade: limites e potencialidades da significação

Provocação crítica:

Será possível construir sistemas de linguagem plenamente “à prova de ambiguidade” — e isso seria desejável ou mesmo ético?

A busca pela univocidade absoluta não sacrifica a riqueza da linguagem e das práticas sociais?

Como calibrar a fronteira entre pluralidade produtiva e ambiguidade paralisante, especialmente em áreas onde precisão, criatividade e compreensão coletiva coexistem em tensão permanente?

Resposta/Comentário:

A ideia de construir sistemas de linguagem plenamente “à prova de ambiguidade” é sedutora do ponto de vista da eficiência técnica e do controle informacional, mas revela-se problemática tanto do ponto de vista ético quanto epistemológico. A linguagem natural — e, por consequência, as práticas sociais e culturais — se sustenta justamente na ambiguidade: é nesse espaço que florescem criatividade, negociação de sentidos, adaptação a contextos múltiplos e abertura ao inesperado.

Os limites da busca pela univocidade:

Perseguir univocidade absoluta em sistemas de linguagem pode sacrificar nuances, ironias, metáforas, críticas e divergências, empobrecendo o debate público e tornando a comunicação rígida, padronizada e, por vezes, autoritária.

Do ponto de vista ético, eliminar a ambiguidade pode excluir repertórios minoritários, silenciar formas alternativas de expressão e limitar a capacidade coletiva de criar novos sentidos diante de desafios inéditos.

A calibragem entre pluralidade e paralisia:

A pluralidade interpretativa é produtiva quando abre caminhos para inovação, inclusão e adaptação. Mas a ambiguidade torna-se paralisante quando impede a ação, bloqueia decisões essenciais ou gera confusão intransponível — especialmente em ambientes que exigem precisão (como saúde, direito, engenharia) ou compreensão coletiva mínima (como negociações políticas, instruções de emergência).

Como calibrar essa fronteira?

- Definir, caso a caso, o grau aceitável de ambiguidade segundo contexto, público e finalidade.
- Empregar filtros, validação humana e estratégias de desambiguação apenas onde a precisão é crucial, preservando a abertura ao múltiplo nos demais contextos.
- Reconhecer que o risco maior não está na existência da ambiguidade, mas em sua gestão ineficaz: sistemas de linguagem devem ser projetados para explicitar dúvidas, propor alternativas e convocar a intervenção humana sempre que necessário.

Conclusão:

Ambiguidade é condição constitutiva da linguagem, não falha a ser erradicada. O avanço reside na criação de sistemas que reconheçam, administrem e até valorizem esse espaço, promovendo interações mais ricas, inclusivas e responsivas às complexidades humanas e sociais.

2.8. Contexto e inferência: além da mensagem linear

Provocação crítica:

Quais os limites éticos e práticos do uso de contexto e inferência em sistemas de linguagem cada vez mais personalizados?

Até que ponto a “memória algorítmica” deve se expandir, e como evitar riscos à privacidade, manipulação sutil ou reforço de vieses a partir de contextos mal interpretados?

A busca por inferência perfeita nos modelos algorítmicos pode sacrificar a espontaneidade e a pluralidade que caracterizam as interações humanas autênticas?

Resposta/Comentário:

A incorporação de contexto e inferência em sistemas de linguagem, especialmente quando voltados à personalização, inaugura potenciais inéditos e riscos igualmente relevantes. Ao “lembrar” preferências, históricos de interação e até sutilezas do repertório de cada usuário, os modelos algorítmicos aumentam a

precisão e relevância das respostas — mas também avançam sobre fronteiras éticas e práticas que não podem ser ignoradas.

Limites éticos:

O acúmulo de informações contextuais e a expansão da “memória algorítmica” expõem usuários a riscos de invasão de privacidade, profiling excessivo e manipulação sutil de desejos, opiniões e comportamentos. Quando o contexto é mal interpretado, ou usado sem transparência e consentimento, o sistema pode reforçar vieses, criar bolhas informacionais ou distorcer a autonomia do usuário.

Limites práticos:

A busca por inferência perfeita pode comprometer a espontaneidade das interações e sufocar a pluralidade de interpretações: se tudo é antecipado e previsto, há pouco espaço para o imprevisto, o erro criativo ou o desvio construtivo — elementos centrais das interações humanas autênticas. Além disso, algoritmos podem superinterpretar sinais frágeis, consolidando equívocos e tornando as respostas menos diversificadas e mais previsíveis.

Como evitar tais riscos?

- Definir limites claros para o armazenamento e uso de contexto, com mecanismos de consentimento, transparência e revisão pelo usuário.
- Alternar entre modos “personalizado” e “universal”, permitindo ao usuário optar pelo grau de contextualização desejado.
- Adotar políticas de explicabilidade algorítmica, auditando e corrigindo vieses, e promovendo diversidade de respostas mesmo diante de históricos consistentes.

Conclusão:

O avanço dos sistemas baseados em contexto e inferência deve ser guiado por princípios éticos robustos, respeito à privacidade, abertura à pluralidade e compromisso com a espontaneidade. O verdadeiro ganho está em sistemas que

ampliam, e não restringem, a liberdade interpretativa, a autonomia e a riqueza das interações humanas.

2.9. Feedback e retroalimentação: ajustando o canal e o sentido

Provocação crítica:

Quais são os limites e riscos do feedback automatizado em sistemas de linguagem, especialmente quando o retorno do usuário pode reforçar vieses ou distorções? De que maneira a retroalimentação pode ser desenhada para estimular a diversidade, a aprendizagem responsável e a correção ética, sem transformar o sistema em um espelho acrítico das expectativas imediatas do usuário ou do ambiente?

Resposta/Comentário:

O feedback automatizado em sistemas de linguagem apresenta oportunidades significativas para adaptação, aprendizagem e aprimoramento contínuo dos modelos, mas também envolve riscos concretos — especialmente quanto à amplificação de vieses, distorções e conformismo algorítmico.

Limites e riscos:

Quando o feedback do usuário é tomado como verdade absoluta ou critério único de ajuste do sistema, corre-se o risco de criar loops de retroalimentação que reforçam preconceitos, confirmam estereótipos e consolidam bolhas informacionais. O modelo pode se tornar cada vez mais parecido com as preferências, expectativas ou crenças dominantes de grupos específicos, perdendo abertura à diversidade, ao contraditório e à inovação. Além disso, feedbacks maliciosos ou enviesados (ex: manipulação coordenada de respostas, avaliações em massa) podem distorcer o aprendizado do sistema e comprometer sua integridade.

Como desenhar retroalimentação responsável?

- Diversidade de fontes: Incorporar feedback de múltiplos usuários, origens, contextos e perfis para evitar homogeneização e reforço acrítico.

- Supervisão e filtros críticos: Integrar mecanismos de validação humana, auditoria algorítmica e verificação de padrões anômalos ou suspeitos.
- Transparência e explicabilidade: Garantir que usuários e desenvolvedores possam compreender como feedbacks estão sendo usados e ajustar preferências ou contestar decisões do sistema.
- Critérios éticos explícitos: Definir limites normativos para o aprendizado a partir do feedback, prevenindo reforço de discursos discriminatórios ou danosos.

Conclusão:

A retroalimentação bem desenhada deve estimular a aprendizagem responsável, a pluralidade de perspectivas e a capacidade crítica do sistema — evitando transformar a IA em mero espelho das expectativas do ambiente ou dos usuários mais vocais. O verdadeiro desafio é criar modelos abertos à diversidade, sensíveis ao contexto e capazes de corrigir, e não apenas reproduzir, vieses e distorções sociais.

2.10. Modelos híbridos: integração de paradigmas e perspectivas críticas

Provocação crítica:

A multiplicidade de paradigmas em sistemas híbridos resulta em maior capacidade adaptativa ou pode gerar tensões e zonas de opacidade intransponíveis? Como assegurar que a integração de diferentes lógicas — técnica, semiótica, social e ética — não leve a sistemas incontroláveis ou a respostas desarticuladas do contexto humano?

Qual o papel do humano — usuário, supervisor, intérprete — na mediação desses modelos híbridos que desafiam os limites entre o previsível e o criativo, o técnico e o interpretativo?

Resposta/Comentário:

A multiplicidade de paradigmas em sistemas híbridos — que integram lógicas técnicas, semióticas, sociais e éticas — expande de fato a capacidade adaptativa dos modelos de linguagem, permitindo respostas mais contextualizadas, flexíveis

e inovadoras. Essa hibridização é o caminho natural diante da complexidade dos desafios contemporâneos, onde eficiência matemática, sensibilidade semiótica, responsabilidade social e princípios éticos precisam coexistir e dialogar.

Riscos e tensões da integração:

No entanto, a junção de paradigmas distintos pode gerar zonas de opacidade: camadas de processamento difíceis de auditar, justificar ou mesmo compreender, tanto pelos usuários quanto pelos próprios desenvolvedores. A complexidade aumenta a ponto de dificultar a rastreabilidade das decisões e a explicabilidade dos outputs. Sistemas excessivamente híbridos correm o risco de perder coesão, produzindo respostas desarticuladas do contexto humano ou agindo de forma imprevisível e incontrolável.

Como assegurar integração responsável?

- Design modular e transparente: Estruturar sistemas em camadas bem definidas, com interfaces e fluxos de decisão auditáveis.
- Supervisão interdisciplinar: Envolver especialistas de áreas técnicas, sociais, éticas e culturais na concepção, avaliação e atualização dos modelos.
- Procedimentos de explicabilidade: Desenvolver mecanismos que permitam rastrear como diferentes lógicas contribuíram para a resposta final, facilitando a contestação e a revisão.
- Governança algorítmica: Criar protocolos de validação, monitoramento e intervenção humana em casos de decisões críticas, zonas cinzentas ou outputs potencialmente danosos.

O papel do humano:

O usuário, supervisor ou intérprete é a instância de mediação fundamental nesses sistemas híbridos. Cabe ao humano garantir que a integração de lógicas não produza alienação, exclusão ou automatismos insensíveis à realidade.

A presença humana é necessária para contextualizar, interpretar, criticar, contestar e aprimorar as respostas dos modelos, mantendo sempre a conexão com valores, objetivos e necessidades sociais.

Conclusão:

A hibridização, longe de ser panaceia, exige vigilância constante, diálogo interdisciplinar e compromisso com a explicabilidade e a corresponsabilidade. O desafio maior não está apenas em integrar, mas em mediar, supervisionar e corrigir, mantendo o humano como agente crítico, criativo e ético no centro do processo interpretativo.

2.11. Proposta de síntese: novas fronteiras para teoria e prática

Provocação crítica para a síntese:

Seremos capazes de construir sistemas de linguagem e informação verdadeiramente dialógicos, em que algoritmos e humanos se desafiem mutuamente, expandindo os horizontes da compreensão e da criatividade — ou as assimetrias de poder, opacidade e automatização tendem a restringir a pluralidade e a crítica na sociedade do futuro?

Resposta/Comentário:

A aspiração por sistemas de linguagem verdadeiramente dialógicos — nos quais algoritmos e humanos se desafiem, complementem e ampliem mutuamente suas capacidades de compreensão e criatividade — representa um dos horizontes mais ambiciosos da inteligência artificial e da ciência da informação. No entanto, essa possibilidade depende de escolhas técnicas, políticas e éticas muito concretas.

Entre o ideal dialógico e o risco da assimetria:

O diálogo genuíno supõe abertura ao contraditório, pluralidade de perspectivas, reconhecimento dos limites de cada parte e disposição para negociação de sentidos. Sistemas automatizados, porém, tendem a reforçar assimetrias preexistentes: algoritmos opacos, viesados ou excessivamente autônomos podem

cristalizar padrões dominantes, limitar a crítica, silenciar vozes dissidentes e reforçar poderes institucionais ou corporativos.

Os desafios da crítica e da pluralidade:

Para que a promessa dialógica se cumpra, é preciso garantir transparência, explicabilidade e capacidade real de intervenção e contestação por parte dos humanos. É necessário criar rotinas institucionais para revisão, auditoria e debate público, além de promover o letramento crítico dos usuários para que não se tornem reféns passivos de automatismos.

Caminhos possíveis:

- Projetar interfaces que exponham escolhas e caminhos de decisão dos algoritmos.
- Estimular a cocriação, permitindo ajustes, experimentações e improvisos humanos.
- Manter diversidade de fontes, linguagens e repertórios, evitando monoculturas algorítmicas.
- Construir mecanismos de “desacordo produtivo”, em que o algoritmo não apenas confirma expectativas, mas desafia o usuário a revisar pressupostos.

Conclusão:

O futuro da sociedade digital dependerá menos da capacidade pura de automatização e mais da arquitetura dos encontros entre humanos e máquinas. Sistemas dialógicos são possíveis, mas requerem vigilância, regulação e protagonismo humano para que a pluralidade e a crítica não sejam engolidas pela eficiência cega ou pelo conformismo algorítmico.

Capítulo 3

3. Informação, estética e cognição algorítmica: Max Bense e os novos paradigmas do sentido

Ao longo do século XX, a matemática da informação, a busca por rigor formal e a expansão dos métodos computacionais transformaram profundamente a

compreensão da linguagem, do conhecimento e da própria experiência estética. Se a teoria de Shannon consagrou a redução da comunicação a fluxos de bits e probabilidades, Max Bense propôs uma inflexão inovadora: aplicar princípios estatísticos e conceitos de entropia não apenas à transmissão eficiente de sinais, mas à própria essência da arte, do texto e do sentido.

A estética informacional de Bense emerge no cruzamento entre ciência e filosofia, propondo que a beleza, a inovação e a expressividade residem no cálculo das possibilidades combinatórias e na manipulação consciente da incerteza. Sua abordagem antecipa muitos dos desafios contemporâneos dos grandes modelos de linguagem: como calcular o belo, o significativo e o novo num universo de distribuições formais? Até onde o algoritmo pode criar, surpreender ou romper o padrão?

Este capítulo parte da proposta de Bense como ponte fundamental entre estatística e semiótica, entre técnica e criação. Busca-se investigar como sua visão quantitativa da linguagem inspira, desafia e limita as arquiteturas algorítmicas atuais, especialmente os Transformers. Mais do que uma incursão histórica, trata-se de uma análise crítica dos horizontes e impasses abertos pela fusão entre cálculo, estética e cognição algorítmica.

3.1. Introdução: Bense, informação e estética – o desafio da linguagem quantificada

Max Bense ocupa uma posição singular no pensamento do século XX: matemático, filósofo, teórico da arte e da linguagem, ele propôs uma síntese ousada entre a exatidão da ciência e a abertura criativa da estética. Atuando principalmente nas décadas de 1950 a 1970, Bense viu na ascensão da teoria da informação uma oportunidade para redefinir o próprio conceito de beleza, deslocando-o do subjetivo e do intuitivo para o domínio da estatística, da entropia e da probabilidade.

Ao sugerir que a estética pode ser quantificada — e que a arte, a literatura e o design podem ser analisados como jogos de possibilidades combinatórias — Bense antecipou questões hoje centrais para a inteligência artificial:

- É possível descrever, calcular e produzir sentido ou beleza através de algoritmos?
- O valor estético pode emergir da manipulação consciente da incerteza e do acaso?
- Como formalizar o inesperado, o autêntico e o singular em sistemas regidos por leis matemáticas?

A proposta de Bense não é meramente aplicar fórmulas à arte, mas repensar o papel do acaso, da regularidade e da redundância em toda produção simbólica. Para ele, a linguagem, seja verbal ou visual, é um espaço vetorial de escolhas possíveis, no qual a criatividade é operada sobre séries de probabilidades e variações formais.

Esse paradigma se aproxima da lógica dos Transformers e LLMs contemporâneos, que também operam sobre grandes espaços vetoriais, calculando probabilidades de sequência e simulando a emergência do sentido.

No entanto, persiste um desafio fundamental:

- O cálculo estatístico pode substituir — ou apenas imitar — a intuição, a ruptura e a experiência do inesperado que marcam a arte e a comunicação humanas?
- O formalismo benseano oferece ferramentas para lidar com o singular, ou corre o risco de reduzir a riqueza da linguagem a uma repetição estatística do previsível?

Ao iniciar este capítulo, abrimos um espaço para examinar as potencialidades e os limites de uma estética informacional e algorítmica, refletindo sobre o que se ganha e o que se perde ao quantificar o sentido.

Este percurso não apenas resgata o legado de Bense, mas também prepara o terreno para uma análise crítica dos modelos atuais de linguagem, estética e cognição artificial.

Nota de atualização: Inteligência artificial e a estética do cálculo - além de Bense

Nas últimas décadas, pesquisadores como Lev Manovich (“The Language of New Media”, 2001) e Katherine Hayles (“How We Became Posthuman”, 1999) têm

discutido como o digital transforma os conceitos de estética e linguagem. Manovich analisa a “estética computacional”, onde algoritmos definem padrões visuais e textuais em mídias digitais, e Hayles explora a fusão entre máquina e cognição. Ambos tensionam a noção benseana de cálculo estético ao mostrar que a estética digital envolve não apenas combinações formais, mas também interação, fluxo, remix e agência distribuída.

3.2. Estética informacional: entropia, probabilidade e cálculo do belo

Max Bense inaugura um novo paradigma ao propor que a experiência estética pode ser analisada, quantificada e até mesmo prevista por meio dos instrumentos da teoria da informação. Para Bense, o valor de uma obra não reside apenas em sua aparência ou conteúdo, mas no modo como ela distribui e combina elementos formais — sons, letras, cores, formas — em uma estrutura que equilibra ordem e acaso, repetição e ruptura.

Entropia estética

Inspirando-se em Shannon, Bense define entropia estética como a medida da imprevisibilidade ou diversidade de elementos numa obra. Uma composição excessivamente ordenada (baixa entropia) pode parecer monótona, enquanto uma obra totalmente aleatória (alta entropia) tende ao caos, dificultando a apreensão do sentido. O belo, nesse modelo, emerge do ponto de equilíbrio: variedade suficiente para surpreender, estrutura suficiente para ser reconhecível.

Probabilidade e combinação

Bense transfere para o campo artístico e literário a lógica dos sistemas combinatórios. O processo criativo torna-se um cálculo: o autor manipula possibilidades, explora sequências, joga com probabilidades — não apenas para maximizar a informação, mas para provocar efeitos estéticos.

Assim, cada obra pode ser entendida como o resultado de decisões formais:

- Quantos elementos distintos são usados?
- Como se distribuem?
- Quais padrões são reforçados, quais são rompidos?

O cálculo do belo

Nesse contexto, a beleza não é mais um mistério inefável, mas uma função de relações formais que podem ser descritas e manipuladas:

- A entropia formal da obra pode ser medida;
- A repetição e a novidade são balanceadas por cálculos precisos;
- A surpresa é desenhada estatisticamente, e não apenas intuída.

Bense chega a propor métodos para gerar textos, imagens ou poemas por processos algorítmicos — antevendo práticas hoje comuns na arte generativa e na IA criativa.

Comparação com Shannon

Enquanto Shannon via a entropia como um desafio à eficiência da transmissão, Bense a valoriza como fonte de riqueza estética. Se para a teoria da informação ruído é um problema a ser eliminado, para a estética informacional certa dose de ruído pode ser a chave para inovação e interesse.

Provocação crítica:

Se a experiência estética pode ser reduzida a parâmetros informacionais e estatísticos, o que distingue o cálculo do belo de sua vivência subjetiva?

Até que ponto o formalismo é suficiente para explicar a potência da arte, e onde reside o limite da quantificação para o surgimento do sentido autêntico?

Nota de atualização: Estética algorítmica contemporânea - novas dimensões do acaso e da entropia

Pesquisadores como Sha Xin Wei (Axiomatic Design, 2013) e Lev Manovich têm ampliado a discussão sobre estética informacional para ambientes interativos e sistemas adaptativos, onde entropia e probabilidade são negociadas em tempo real, muitas vezes com a participação ativa do usuário. Manovich propõe que a verdadeira inovação estética surge da manipulação dinâmica do inesperado, enquanto Sha Xin Wei destaca a performatividade e a emergência como valores centrais da arte digital.

3.3. Linguagem como distribuição formal e possibilidades combinatórias

A proposta de Max Bense de ler a linguagem como uma distribuição formal de possibilidades representa uma guinada do subjetivismo estético para uma abordagem operacional, quase matemática, da criação simbólica.

Segundo Bense, cada obra — seja texto, imagem ou composição sonora — pode ser pensada como o resultado de escolhas combinatórias em um espaço de possibilidades delimitado por regras, repertórios e restrições do sistema utilizado.

No campo da linguagem, isso significa considerar palavras, letras, sílabas ou fonemas como unidades mínimas de escolha, cuja ordenação e repetição definem a estrutura final do texto. A criatividade, nesse modelo, emerge da manipulação das frequências, das variações e das sequências possíveis — mais próxima de um jogo combinatório do que de uma inspiração transcendente.

Paradigma das possibilidades

A ideia de “paradigma das possibilidades” em Bense dialoga diretamente com a noção contemporânea de **espaço vetorial** nas arquiteturas de IA, como os Transformers. Aqui, cada elemento linguístico é representado como um vetor em um espaço de alta dimensão, e a geração de linguagem envolve operações estatísticas que exploram e reconfiguram essas possibilidades combinatórias em busca de sentido e coerência.

Esse paradigma desloca a ênfase da linguagem de um domínio puramente semântico ou sintático para uma lógica de distribuição formal:

- O sentido não precede a combinação, mas pode emergir dela.
- A novidade e o inesperado são efeitos de escolhas estatísticas, variações probabilísticas e manipulação da entropia.

A aproximação entre o pensamento de Bense e os modelos contemporâneos fica clara quando se observa que, tanto na estética informacional quanto na IA, o objetivo não é apenas repetir padrões, mas explorar, recombinar e expandir o espaço do possível.

Provocação crítica

Se o sentido pode emergir da simples manipulação combinatória de elementos formais, qual é o papel da intenção, do contexto e da experiência subjetiva na produção e interpretação da linguagem?

Transformar o texto em pura distribuição formal é suficiente para gerar sentido autêntico — ou há sempre uma dimensão irreduzível de experiência e contexto que escapa ao cálculo?

Nota de atualização

Pesquisadores como Wolfgang Wildgen (“Dynamic Morphology”, 2010) e Luciano Floridi (“The Philosophy of Information”, 2011) propõem, em diálogo com Bense, que os espaços combinatórios da linguagem devem ser lidos à luz da dinâmica, do contexto e da pragmática. Modelos vetoriais contemporâneos avançam ao incorporar, além da distribuição formal, aspectos de uso, inferência e adaptação ao ambiente — aproximando o cálculo do vivido, mas sem dissolver por completo a diferença entre máquina e experiência humana.

3.4. Algoritmos, geração de texto e a estética do cálculo

A proposição de Max Bense, ao tratar a produção textual como resultado de operações combinatórias e cálculos estatísticos, antecipa debates centrais da atualidade sobre algoritmos de geração de linguagem. Para Bense, a literatura, a poesia e até a arte visual podem ser entendidas como sequências de escolhas formais, nas quais o autor — ou o sistema — manipula variáveis, regras e probabilidades para gerar composições inéditas. O processo criativo, assim, se torna próximo ao funcionamento de uma máquina ou de um programa: há um espaço definido de possibilidades, e o ato de criar corresponde a navegar, selecionar e recombinar esses elementos segundo princípios calculáveis.

Nos algoritmos de geração de texto contemporâneos, especialmente nos Large Language Models (LLMs) e Transformers, a lógica é radicalmente benseana: o texto emerge do cálculo de probabilidades condicionais entre sequências de tokens, mapeados em espaços vetoriais. O modelo “escolhe” a próxima palavra a partir de distribuições estatísticas derivadas de seu treinamento, navegando em uma rede de possibilidades virtualmente infinita. O sentido, a coerência e, por vezes, o efeito

estético surgem da exploração dessa combinatória — muitas vezes surpreendendo até mesmo seus criadores.

Produção de sentido e cálculo do inesperado

O “cálculo do inesperado” torna-se central: a qualidade de uma produção algorítmica não está apenas na repetição do previsível, mas na capacidade de gerar combinações originais, rupturas e variações criativas. No entanto, o risco do formalismo excessivo permanece: quando algoritmos são excessivamente ajustados para eficiência estatística, podem tender à média, apagando o singular, o disruptivo e a densidade poética das exceções.

História e exemplos

A influência de Bense pode ser percebida em experiências históricas de geração automática de textos, como a poesia combinatória dos anos 1960-70 e, mais recentemente, nas práticas de literatura digital e arte generativa. Hoje, modelos como GPT e outras IAs literárias expandem essa lógica em escala global, potencializando tanto a multiplicidade de produções quanto o debate sobre autoria, criatividade e valor estético.

Provocação crítica

Até que ponto algoritmos de geração textual podem, de fato, criar sentido autêntico, surpresa estética e inovação literária — ou seriam, em última instância, replicadores sofisticados de padrões previsíveis?

O que distingue um cálculo estatístico bem realizado de um gesto criativo capaz de instaurar o novo, o inusitado, o autêntico?

Nota de atualização

Pesquisadores como Nick Montfort (“Exploratory Programming for the Arts and Humanities”, 2016) e Katherine Hayles (“Unthought: The Power of the Cognitive Nonconscious”, 2017) discutem os limites e potencialidades da criação algorítmica. Montfort defende que o valor literário das máquinas reside na exploração consciente do potencial combinatório, enquanto Hayles alerta para o

risco de automação não-reflexiva, sugerindo que a criatividade algorítmica depende da articulação entre cálculo formal e intervenção humana crítica.

3.5. Desdobramento 1: cognição algorítmica – entre processamento e compreensão

A análise benseana da linguagem como sistema combinatório oferece um terreno fértil para refletir sobre a natureza da cognição algorítmica: até que ponto sistemas de linguagem baseados em cálculos estatísticos podem ser considerados cognitivos, no sentido pleno do termo? Tradicionalmente, cognição envolve processos de percepção, memória, inferência, criatividade e compreensão. No entanto, os modelos de IA atuais são, antes de tudo, excelentes processadores de padrões — suas “respostas” resultam de operações matemáticas sobre grandes volumes de dados, mais do que de uma compreensão consciente ou experienciada do mundo.

Processamento simbólico, connexionista e interpretativo

A cognição algorítmica pode ser compreendida a partir de três vertentes principais:

- Simbólica: Baseada em regras explícitas, lógica formal e manipulação de símbolos (IA clássica).
- Conexionista: Inspirada na estrutura neural, trabalha com redes e pesos, simulando padrões de ativação (redes neurais).
- Interpretativa: Relacionada à capacidade de atribuir sentido, contexto e valor — dimensão que permanece problemática nos sistemas atuais.

O desafio está em distinguir processamento de compreensão: os LLMs são mestres em reconhecer padrões e prever sequências, mas sua “compreensão” de sentido é, fundamentalmente, estatística e relacional, não experiencial.

O papel da estatística e do contexto

O que aproxima os modelos contemporâneos do ideal cognitivo é a capacidade de usar contexto: ajustam suas respostas com base em sequências anteriores, recuperam padrões e inferem relações mesmo diante da ambiguidade. Mas, ao

contrário da cognição humana, essa inferência não é embasada em experiência vivida, intenção ou consciência reflexiva, mas sim no cálculo probabilístico.

Box exemplificativo

Prompt: “O que significa ‘banco’?”

- Modelo LLM: “Pode ser um local para sentar, uma instituição financeira ou a margem de um rio.” O sistema reconhece múltiplos sentidos, mas não “sabe” o que é um banco; apenas distribui probabilidades entre respostas plausíveis.

Provocação crítica

É legítimo falar em cognição algorítmica se não há experiência, intenção ou autocompreensão?

Modelos baseados em cálculo formal podem desenvolver algo semelhante à compreensão ou estão, por natureza, limitados ao processamento sem sentido próprio?

Nota de atualização

Luciano Floridi (“The Philosophy of Information”, 2011) e Katherine Hayles (“Unthought”, 2017) ampliam o debate sobre cognição algorítmica. Floridi propõe o conceito de “agentes informacionais”, capazes de manipular dados e operar decisões sem consciência plena, enquanto Hayles argumenta que a cognição não consciente — tanto humana quanto algorítmica — pode ser produtiva, mas carece de reflexividade, autocrítica e sentido experiencial, diferenciais ainda restritos à cognição humana.

3.6. Desdobramento 2: pragmática, contexto e ação

A abordagem de Max Bense, centrada na estrutura formal e estatística da linguagem, abre espaço para questionar até que ponto o cálculo pode dar conta da pragmática — ou seja, do uso da linguagem em situações reais, considerando intenção, finalidade, contexto e efeitos. Se, para Bense, a criatividade está na manipulação das possibilidades combinatórias, para os pragmatistas e semióticos

contemporâneos, o sentido só se realiza plenamente no uso, na ação, na adaptação a situações concretas.

Bense e o problema do contexto

O formalismo benseano tende a considerar o contexto como um dado estatístico: frequência de padrões, probabilidade de combinações, distribuição de elementos. No entanto, o contexto, em sua riqueza pragmática, envolve história, cultura, relações interpessoais, intenção comunicativa e horizonte de expectativas — dimensões que desafiam a pura modelagem combinatória.

Integração com o pragmatismo

Autores como Charles Sanders Peirce e John Dewey defendem que linguagem e sentido são inseparáveis da ação. O signo não é apenas uma estrutura, mas um operador de efeitos: produz interpretações, convoca respostas, transforma realidades. No universo algorítmico, essa perspectiva exige pensar os limites e as possibilidades de sistemas que respondem, adaptam-se, interagem e simulam intenção — mas ainda carecem de experiência, agência e finalidade próprias.

Limites do cálculo diante do uso

Nos modelos atuais, o contexto é parcialmente modelado: LLMs ajustam respostas com base em interações anteriores, conseguem simular adaptação e até aprender preferências do usuário. Mas o sentido pragmático — aquele que nasce do embate entre texto, situação e intenção — permanece como uma fronteira pouco explorada pelos algoritmos. É justamente aí que surgem erros, ambiguidades não produtivas e respostas que, embora formalmente corretas, não fazem sentido prático.

Provocação crítica

A modelagem estatística e formal do contexto é suficiente para capturar a riqueza do uso da linguagem em situações vividas?

Sistemas algorítmicos podem, de fato, simular intencionalidade e ação comunicativa, ou sempre restará um hiato entre o cálculo da resposta e o sentido pragmático real?

Nota de atualização

Paul Dourish (“Where the Action Is”, 2001) e Tiziana Terranova (“Redes e Multidões”, 2013) aprofundam a discussão sobre pragmática e tecnologia. Dourish destaca a importância da “ação situada” — sentido que emerge da prática, da corporeidade e do engajamento contextual — enquanto Terranova explora como redes algorítmicas produzem sentidos coletivos, dinâmicos e muitas vezes imprevisíveis, indo além do formalismo e sugerindo novas práticas de agência e interação nos ambientes digitais.

3.7. Desdobramento 3: epistemologia e ética – conhecimento, verdade e manipulação

A proposta de Max Bense, ao tratar a estética e o sentido como funções de combinações formais e cálculos estatísticos, levanta questões decisivas sobre o papel da informação e dos algoritmos na produção do conhecimento, na validação da verdade e nos dilemas éticos das sociedades mediadas por tecnologia. Se o conhecimento pode ser modelado como processamento de dados e a criatividade como manipulação probabilística, onde repousam a autoridade epistêmica, a responsabilidade e o discernimento crítico?

A

estética estatística produz conhecimento ou apenas replica padrões?

A grande promessa da informatização do saber é ampliar a capacidade de armazenamento, recuperação e correlação de dados — mas o excesso de formalismo pode gerar sistemas que reproduzem padrões sem compreender, inovar ou questionar. Em ambientes baseados em LLMs, o conhecimento tende a ser uma média ponderada do passado, o que, por um lado, promove estabilidade e, por outro, dificulta rupturas criativas e a emergência do novo.

Desafios da validação, viés e manipulação

Modelos algorítmicos estão sujeitos a vieses de treinamento, seleção e interpretação. O que conta como verdade é, muitas vezes, produto de escolhas estatísticas e da estrutura dos dados disponíveis, não de avaliação crítica ou engajamento reflexivo. O risco de manipulação — consciente ou não — cresce à medida que decisões são delegadas a sistemas opacos, de funcionamento incompreensível para a maioria dos usuários.

Autoria, autoridade epistêmica e responsabilidade ética

A automação do conhecimento também desafia a ideia tradicional de autoria: quem responde pela informação gerada por um sistema? Quem legitima, valida ou contesta seus outputs? A responsabilidade ética passa a ser compartilhada entre projetistas, usuários, plataformas e algoritmos — mas, frequentemente, se dilui na cadeia técnica, dificultando o exercício da crítica e a identificação de erros ou distorções.

Provocação crítica

Modelos algorítmicos podem ser reconhecidos como produtores autênticos de conhecimento, verdade e valor — ou apenas automatizam o consenso, replicando padrões preexistentes sem capacidade crítica ou inovadora?

Como enfrentar os dilemas éticos da manipulação, da opacidade e da desresponsabilização em ambientes digitais dominados por sistemas de geração automática de sentido?

Nota de atualização

Shoshana Zuboff (“A Era do Capitalismo de Vigilância”, 2015) e Virginia Dignum (“Responsible Artificial Intelligence”, 2019) são referências centrais na crítica contemporânea aos sistemas algorítmicos. Zuboff analisa como a automação da informação amplia riscos de manipulação, controle social e opacidade, enquanto Dignum propõe modelos de governança, responsabilidade e ética para a IA, reforçando que o debate epistemológico e o exercício da crítica são indispensáveis à manutenção da autonomia e da pluralidade no contexto digital.

3.8. Contraponto: os limites do formalismo e o empobrecimento do inesperado

A estética informacional de Max Bense, ao privilegiar o cálculo, a regularidade e a previsibilidade na produção de sentido, enfrenta críticas recorrentes quanto ao risco de empobrecimento do inesperado, do singular e do autêntico. Se a inovação é concebida como manipulação estatística de combinações possíveis, a ruptura, o erro criativo e o acontecimento único tendem a ser reduzidos a desvios marginais em relação à norma estatística — e não mais como eventos inaugurais capazes de abrir novos horizontes de significado.

O sentido como exceção ou como regra?

O grande desafio do formalismo é lidar com o paradoxo do sentido: ele se constrói na regularidade, mas só se reinventa na exceção. Algoritmos ajustados para eficiência e coerência frequentemente produzem respostas médias, eliminando nuances, ambiguidades produtivas e a surpresa radical — elementos essenciais da criação artística, literária e mesmo científica.

Perigos do “alisamento” estatístico

O “alisamento” (smoothing) estatístico, técnica fundamental nos modelos de linguagem para evitar saídas improváveis ou incoerentes, pode também ser o mecanismo pelo qual o sistema sufoca a emergência do novo. Assim, a criatividade algorítmica corre o risco de se tornar previsível, redundante e incapaz de gerar rupturas significativas.

Estratégias para reintroduzir o inesperado

Diante desse risco, pesquisadores e artistas têm buscado estratégias para reintroduzir ruído, aleatoriedade e heurísticas de criatividade nos sistemas algorítmicos:

- Ajuste de parâmetros de entropia e temperatura em LLMs;
- Inserção de ruído controlado ou prompts disruptivos;
- Integração de mecanismos de feedback criativo e curadoria humana.

O desafio está em equilibrar a eficiência formal com a abertura à surpresa, permitindo que o algoritmo seja tanto operador da norma quanto instigador da exceção.

Provocação crítica

O formalismo estatístico pode, por si só, produzir o autêntico e o inesperado — ou será sempre necessário algum grau de ruptura, ruído ou intervenção humana para restaurar a potência criativa do sentido?

Como garantir que o avanço dos sistemas algorítmicos não resulte no empobrecimento da linguagem, da arte e da experiência interpretativa?

Nota de atualização

Lev Manovich (“AI Aesthetics”, 2019) e Sha Xin Wei (“Poiesis and Enchantment in Topological Matter”, 2013) são exemplos de autores que enfrentam o problema do inesperado na arte computacional. Manovich defende que a estética algorítmica precisa valorizar a singularidade e o acaso, promovendo interfaces que incentivem rupturas e variações. Sha Xin Wei propõe que a criatividade emerge não apenas do cálculo, mas da performatividade, do erro e da interação material — sugerindo que o futuro da IA criativa depende de projetos que cultivem a indisciplina, o imprevisto e a abertura ao evento.

3.9. Síntese: legado de Bense e novos horizontes para a estética e cognição algorítmica

O percurso pelo pensamento de Max Bense revela tanto a força quanto os limites de uma abordagem estatística e formal para a linguagem, a arte e o sentido. Bense abriu uma trilha inovadora ao propor que beleza, criatividade e significado podem ser descritos, analisados e até produzidos a partir de operações matemáticas, probabilidades e cálculos de entropia. Sua visão antecipou, de modo impressionante, muitos fundamentos dos algoritmos que hoje estruturam os grandes modelos de linguagem e as práticas da arte digital.

Contudo, a experiência contemporânea com sistemas algorítmicos — especialmente os LLMs e ambientes de arte generativa — evidencia os riscos do

formalismo quando levado ao extremo. Embora eficientes na geração, recombinação e simulação de padrões, tais sistemas tendem ao “alisamento” estatístico, à reprodução do previsível e à dificuldade de sustentar rupturas, surpresas e singularidades – qualidades essenciais à potência criativa e à experiência estética profunda.

Para além de Bense: integração, superação e crítica

O legado de Bense permanece vital para quem busca compreender a lógica interna dos sistemas algorítmicos, suas potencialidades e armadilhas. Mas os desafios atuais apontam para a necessidade de integrar (ou tensionar) a estética informacional com perspectivas pragmáticas, contextuais e éticas:

- Promover a abertura à exceção, ao ruído e ao evento singular, inclusive por meio da intervenção humana e de ambientes híbridos de criação;
- Reforçar o papel do contexto, da experiência e da ação na constituição do sentido, indo além da pura combinação formal;
- Tratar a ética e a responsabilidade como dimensões centrais do design algorítmico, atentos aos riscos de manipulação, opacidade e exclusão.

Novos horizontes para a estética e cognição algorítmica

O futuro da arte, da linguagem e da cognição em ambientes automatizados dependerá de nossa capacidade de:

- Equilibrar cálculo e surpresa, regra e exceção, eficiência e abertura ao inesperado;
- Projetar sistemas que ampliem, e não empobrecam, a experiência estética e interpretativa;
- Garantir espaço para a crítica, a autoria compartilhada e a pluralidade de sentidos em meio à automação crescente.

Provocação crítica

Como continuar a desenvolver sistemas algorítmicos que valorizem a singularidade, a criatividade e a ruptura, sem perder de vista a robustez formal e a eficiência informacional?

Quais caminhos, interdisciplinares e éticos, podem garantir que a fusão entre cálculo e estética se traduza em novos espaços de liberdade, invenção e produção de sentido?

Nota de atualização

Luciano Floridi (“The Ethics of Information”, 2013) e Katherine Hayles (“Unthought”, 2017) propõem que a estética e a cognição algorítmica só alcançarão maturidade ao integrar princípios de abertura, crítica e responsabilidade. Floridi defende uma ética da informação capaz de guiar o desenvolvimento técnico sem sacrificar direitos, autonomia e diversidade. Hayles sugere que só a articulação entre o cálculo não consciente (algorítmico) e a experiência reflexiva (humana) pode sustentar novas formas de criação e interpretação em sociedades digitais.

3.10. Proposta de síntese e provocações para pesquisa futura

O percurso por Max Bense, sua estética informacional e os debates contemporâneos sobre cognição algorítmica deixa claro que a fusão entre cálculo, linguagem e sentido inaugura não apenas novas possibilidades técnicas, mas também novos dilemas filosóficos, éticos e criativos. O formalismo benseano, ao tratar o sentido como resultado de operações combinatórias e estatísticas, permanece crucial para pensar a infraestrutura dos sistemas atuais — mas sua limitação frente à experiência, à ruptura e à ação contextual é igualmente evidente.

Síntese das principais linhas do capítulo:

- Bense fundou uma via de análise formal que antecipa, mas não esgota, o potencial criativo das máquinas.
- A experiência contemporânea revela a necessidade de reequilibrar eficiência, inovação e abertura ao singular em sistemas algorítmicos.
- A crítica contemporânea pede o cruzamento entre cálculo, pragmática, ética e contexto, valorizando tanto o ruído criativo quanto a responsabilidade social.

Provocações para pesquisa futura

1. Como projetar algoritmos e ambientes de criação que não apenas otimizem padrões, mas promovam genuína abertura ao evento, à ruptura e à diferença?
2. Que estratégias (técnicas, curatoriais, educativas) podem fortalecer o papel do humano como coautor crítico em processos automatizados de geração de sentido?
3. De que forma as abordagens pragmáticas, éticas e contextuais podem ser incorporadas já no design dos sistemas, evitando que o formalismo produza exclusão ou esvaziamento da experiência estética?
4. Qual o papel da arte, da literatura e das ciências humanas na crítica e reinvenção das máquinas de linguagem — e como garantir que o horizonte de liberdade e invenção permaneça aberto frente à automação crescente?

A resposta a essas perguntas não é apenas técnica, mas exige o engajamento interdisciplinar e contínuo de pensadores, criadores, engenheiros, designers, educadores e usuários. O desafio não é menos do que reinventar o futuro do sentido, da criatividade e da liberdade em uma sociedade mediada por cálculos e algoritmos.

Nota de atualização

O debate sobre o futuro da estética e da cognição algorítmica está em plena ebulição. Autores como Lev Manovich, Sha Xin Wei, Virginia Dignum e Luciano Floridi destacam a urgência de pesquisas que articulem técnica, ética, criatividade e pluralidade, evitando que a automação do sentido resulte em novas formas de exclusão ou empobrecimento cultural.

O convite à pesquisa futura é, assim, também convite à vigilância crítica e à experimentação interdisciplinar, reconhecendo que os algoritmos, por mais sofisticados, só farão sentido se promoverem espaços de liberdade, invenção e experiência partilhada.

Apêndice III – Provocações críticas do Capítulo 3

3.1 – Introdução: Bense, informação e estética – o desafio da linguagem quantificada:

Provocação crítica

Até que ponto é possível submeter a experiência estética, o sentido e a criatividade ao domínio do cálculo formal e da estatística?

A proposta de Bense representa um avanço emancipador — ao tornar a beleza mensurável e potencialmente replicável por máquinas — ou introduz um novo limite, onde o excesso de formalização ameaça empobrecer a singularidade e a imprevisibilidade próprias da arte e da linguagem humanas?

A quantificação do sentido expande ou restringe o campo do possível?

Resposta/Comentário:

A proposta de Bense, ao sugerir que a experiência estética, o sentido e a criatividade podem ser submetidos ao cálculo formal e à estatística, marca um divisor de águas na história do pensamento estético e informacional. Trata-se de uma aposta ousada na capacidade da ciência de “domesticar” o inefável — de transformar beleza, surpresa e criação em objetos de mensuração, análise e até reprodução algorítmica.

Avanço emancipador ou novo limite?

- Por um lado, Bense inaugura possibilidades inéditas: a beleza e a criatividade deixam de ser vistas como domínios exclusivos da intuição ou do mistério, tornando-se acessíveis à experimentação, ao design e à crítica racional. Isso democratiza o acesso ao debate estético e permite explorar novas formas de criação, inclusive com o auxílio de máquinas.
- Por outro lado, a formalização excessiva pode empobrecer o campo do possível, reduzindo o inesperado, o ambíguo e o singular a exceções marginais — ou até mesmo descartando-os como “ruído” no modelo. A criatividade pode, assim, perder sua potência disruptiva, tornando-se previsível ou domesticada pelo cálculo.

A quantificação do sentido: expansão ou restrição?

- A quantificação pode expandir o campo do possível ao revelar zonas inexploradas de combinação, experimentação e inovação — mas só se não perder de vista o que escapa à regra, o que resiste ao modelo.
- O perigo está em confundir mapeamento com exaustão: não é porque algo pode ser descrito formalmente que sua essência está totalmente capturada ou replicável.

Conclusão

A revolução benseana convida a pensar a estética, a linguagem e a criatividade como campos abertos ao cálculo, mas alerta para o risco de confundir a ferramenta com o fim. O desafio para a arte, para a ciência e para a tecnologia é conjugar mensurabilidade e mistério, estatística e invenção, para que a singularidade não seja esmagada pelo peso da formalização.

3.2. Estética informacional: entropia, probabilidade e cálculo do belo

Provocação crítica:

Se a experiência estética pode ser reduzida a parâmetros informacionais e estatísticos, o que distingue o cálculo do belo de sua vivência subjetiva?

Até que ponto o formalismo é suficiente para explicar a potência da arte, e onde reside o limite da quantificação para o surgimento do sentido autêntico?

Resposta/Comentário:

A proposta de reduzir a experiência estética a parâmetros informacionais e estatísticos, como entropia e probabilidade, representa uma das maiores ousadias do pensamento moderno sobre arte e linguagem. Ela permite construir modelos formais robustos, comparações objetivas e critérios de análise que ajudam a revelar padrões, regularidades e zonas de inovação na produção estética. Contudo, esse paradigma levanta questionamentos inevitáveis sobre o que distingue o “cálculo do belo” de sua vivência subjetiva, e onde termina a explicação estatística da arte para dar lugar ao sentido autêntico, vivido e irredutível.

O que distingue cálculo de vivência?

- O cálculo do belo, ainda que permita mapear variação, surpresa e equilíbrio formal, não alcança a totalidade da experiência estética: emoção, memória, contexto cultural, bagagem histórica e envolvimento sensorial permanecem, em larga medida, além do alcance da métrica.
- A vivência subjetiva da arte envolve afetos, choque, estranhamento, prazer e até desconforto — elementos que, mesmo se correlacionados a padrões estatísticos, só se realizam plenamente na relação entre obra, intérprete e ambiente.

Limites do formalismo e da quantificação

- O formalismo é poderoso para analisar tendências coletivas, descrever estilos, identificar zonas de inovação estatística. Porém, ele não esgota o sentido do singular: a potência da arte está muitas vezes na exceção, no erro, na ruptura inesperada que desafia toda previsão.
- O surgimento do sentido autêntico exige espaço para ambiguidade, para o inclassificável e para o indizível — aquilo que escapa a qualquer quantificação, por mais refinada que seja.

Conclusão

A estética informacional de Bense oferece ferramentas preciosas para a análise da arte e da linguagem, mas o horizonte da experiência estética se mantém aberto e parcialmente indomável pela matemática. O desafio permanece: conjugar cálculo e emoção, estatística e surpresa, ciência e experiência — reconhecendo, sempre, que a arte vive no intervalo entre a regra e sua superação.

3.3. Linguagem como distribuição formal e possibilidades combinatórias

Provocação crítica

Se o sentido pode emergir da simples manipulação combinatória de elementos formais, qual é o papel da intenção, do contexto e da experiência subjetiva na produção e interpretação da linguagem?

Transformar o texto em pura distribuição formal é suficiente para gerar sentido autêntico — ou há sempre uma dimensão irreduzível de experiência e contexto que escapa ao cálculo?

Resposta/Comentário:

A hipótese de que o sentido pode emergir apenas da manipulação combinatória de elementos formais representa um avanço metodológico no estudo da linguagem e inspira modelos matemáticos e computacionais poderosos, como os utilizados nos Transformers e em outras IAs de processamento de linguagem natural. No entanto, essa hipótese também enfrenta críticas profundas quanto à sua suficiência para explicar o fenômeno pleno da produção e da interpretação do sentido.

O papel da intenção, do contexto e da experiência subjetiva

- Intenção, contexto e experiência subjetiva são elementos fundamentais do processo comunicativo, pois mediam o modo como signos são produzidos, interpretados e ressignificados em situações concretas.
- O sentido, na tradição pragmática e hermenêutica, é sempre “situado”: emerge do encontro entre estrutura formal e horizonte vivido, entre regras do sistema e invenção no uso.
- Sem intenção (quem fala, para quem, com que objetivo), contexto (social, cultural, histórico) e experiência (memória, emoção, corporeidade), a manipulação formal corre o risco de produzir apenas padrões vazios, sem ancoragem real no vivido.

Limites da distribuição formal

- A geração de textos por mera distribuição estatística pode produzir frases corretas, plausíveis e até surpreendentes, mas não garante a autenticidade do sentido, pois falta o “engajamento” com a situação, a motivação para o dizer e o horizonte interpretativo do destinatário.

- Há sempre uma dimensão irreduzível de experiência e contexto — um “resto” que escapa ao cálculo — e que pode ser a chave para a produção de novidade, ambiguidade produtiva e pluralidade interpretativa.

Conclusão

Transformar a linguagem em pura distribuição formal é uma operação produtiva para a modelagem e automação, mas insuficiente para explicar a riqueza e a complexidade do sentido autêntico. O desafio está em integrar o cálculo à experiência, formalismo à pragmática, e algoritmo à criatividade situada — reconhecendo que o sentido é sempre mais do que a soma das partes.

3.4. Algoritmos, geração de texto e a estética do cálculo

Provocação crítica

Até que ponto algoritmos de geração textual podem, de fato, criar sentido autêntico, surpresa estética e inovação literária — ou seriam, em última instância, replicadores sofisticados de padrões previsíveis?

O que distingue um cálculo estatístico bem realizado de um gesto criativo capaz de instaurar o novo, o inusitado, o autêntico?

Resposta/Comentário:

A fronteira entre criatividade autêntica e replicação sofisticada de padrões é um dos debates mais instigantes na era dos algoritmos generativos. Os sistemas de geração textual baseados em IA, como os grandes modelos de linguagem, são inegavelmente eficazes em imitar estilos, misturar referências e surpreender com associações improváveis. No entanto, isso é suficiente para que se fale em criação de sentido autêntico, surpresa estética e inovação genuína?

Limites da inovação algorítmica

- A geração textual algorítmica é, por excelência, uma operação sobre o já existente: o novo emerge da recombinação, do remix e da variação probabilística sobre padrões aprendidos, não da intuição, da intenção ou da experiência subjetiva.

- Surpresa estética e inovação literária, nos termos tradicionais, envolvem ruptura de convenções, criação de sentido inédito e diálogo consciente com repertórios culturais — algo que a máquina, por mais avançada, realiza apenas de modo indireto, via manipulação estatística.

O que distingue cálculo de criação?

- Um cálculo estatístico bem realizado pode produzir frases inusitadas ou até provocar encantamento, mas carece do gesto intencional: a aposta deliberada no risco, no erro, na provocação — atributos historicamente associados ao humano criador.
- A originalidade, muitas vezes, nasce do enfrentamento consciente do limite, do incômodo diante do previsível, do desejo de instaurar o novo. O algoritmo, em contraste, opera dentro dos limites que lhe são impostos, raramente transcendendo sua própria programação sem intervenção ou curadoria externa.

O papel do humano e do contexto

- Muitas experiências inovadoras na literatura e na arte digital surgem justamente da colaboração entre sistemas generativos e agentes humanos — que reinterpretem, subvertem, selecionam e desafiam o output algorítmico.
- O futuro da criação textual poderá residir menos no desempenho isolado da máquina e mais na construção de ambientes híbridos, nos quais o humano age como editor, curador e provocador da diferença.

Conclusão

A estética do cálculo algorítmico é potente, mas incompleta: produz novidade, mas carece de intenção, autocrítica e invenção radical. Para transformar cálculo em criação, é preciso tensionar os limites do sistema, inserir ruídos, promover a colaboração e cultivar ambientes abertos ao imprevisível.

3.5. Desdobramento 1: cognição algorítmica – entre processamento e compreensão

Provocação crítica

É legítimo falar em cognição algorítmica se não há experiência, intenção ou autocompreensão?

Modelos baseados em cálculo formal podem desenvolver algo semelhante à compreensão ou estão, por natureza, limitados ao processamento sem sentido próprio?

Resposta/Comentário:

A discussão sobre a legitimidade do conceito de “cognição algorítmica” é central para a filosofia da inteligência artificial e para a epistemologia contemporânea. Tradicionalmente, a cognição envolve experiência, intenção, autocompreensão e reflexividade — capacidades associadas à mente humana, à subjetividade e à consciência. Quando se fala em sistemas algorítmicos, no entanto, estamos diante de entidades que operam sem consciência, sem intenção própria e sem acesso à experiência vivida.

Limites e possibilidades da cognição algorítmica

- Modelos de IA baseados em cálculo formal e aprendizado estatístico demonstram habilidades impressionantes em processamento de dados, reconhecimento de padrões, inferência probabilística e adaptação contextual. Eles simulam aspectos superficiais da cognição, mas não têm sentido próprio nem acesso à compreensão experiencial.
- Algumas abordagens contemporâneas, como a proposta por **Luciano Floridi** com o conceito de “agente informacional”, defendem que é possível falar em graus de cognição não conscientes — ou seja, a capacidade de manipular informação, tomar decisões e interagir com o ambiente sem autopercepção.
- Ainda assim, há um consenso crítico de que compreensão verdadeira — aquela que envolve sentido experiencial, consciência de si e intencionalidade — permanece exclusiva dos seres humanos (ou, ao

menos, de sistemas que superassem o puro processamento sintático e estatístico).

Compreensão ou mero processamento?

- Os modelos atuais podem gerar outputs altamente plausíveis, identificar ambiguidades e até improvisar respostas criativas, mas fazem isso sem saber “do que falam” — apenas maximizando probabilidades com base em grandes corpora de dados.
- O risco é atribuir à máquina uma compreensão que ela não possui, confundindo desempenho funcional com experiência subjetiva ou entendimento real do conteúdo.

Conclusão

É legítimo falar em cognição algorítmica apenas no sentido funcional, como processamento avançado de informações. O salto da simulação para a compreensão genuína — aquela capaz de refletir, intencionar e experienciar — permanece um horizonte ainda não alcançado pela IA. O desafio, portanto, é manter o rigor conceitual, evitando tanto o antropomorfismo quanto o reducionismo, ao analisar o alcance e os limites da cognição das máquinas.

3.6. Desdobramento 2: pragmática, contexto e ação

Provocação crítica

A modelagem estatística e formal do contexto é suficiente para capturar a riqueza do uso da linguagem em situações vividas?

Sistemas algorítmicos podem, de fato, simular intencionalidade e ação comunicativa, ou sempre restará um hiato entre o cálculo da resposta e o sentido pragmático real?

Resposta/Comentário:

A modelagem estatística e formal do contexto, como realizada pelos sistemas algorítmicos contemporâneos, representa um avanço significativo em relação aos

modelos puramente sintáticos ou semânticos. Hoje, LLMs e outros algoritmos podem ajustar respostas com base em sequências anteriores, aprender padrões de uso e até identificar variações contextuais em tempo real. Contudo, a riqueza da linguagem humana em situações vividas está longe de ser esgotada por essas abordagens.

Limites da modelagem estatística do contexto

- O contexto, para os algoritmos, é uma coleção de sinais codificáveis: histórico de interações, frequência de termos, padrões sintáticos. Já para os humanos, o contexto inclui conhecimento tácito, emoções, intenções não explicitadas, história social, valores e afetos — elementos profundamente situados e muitas vezes inatingíveis para modelos estatísticos.
- Situações vividas envolvem ambiguidades produtivas, improvisação e negociação constante de sentidos, dimensões que escapam ao formalismo e desafiam qualquer tentativa de exaustão computacional da experiência.

Simulação de intencionalidade e ação comunicativa

- Sistemas algorítmicos podem simular intencionalidade ao prever preferências ou adaptar respostas, mas essa “intenção” não decorre de vontade, consciência ou propósito genuíno, e sim de ajuste probabilístico para maximizar a pertinência ou a relevância de uma resposta.
- O hiato entre o cálculo algorítmico e o sentido pragmático real permanece: a máquina pode ser eficiente na reprodução de padrões, mas dificilmente compreende, em profundidade, o efeito de sua ação na situação vivida, nos afetos ou nas consequências sociais da comunicação.

Conclusão

A modelagem formal do contexto é útil e potente, mas insuficiente para capturar a totalidade do uso da linguagem em situações reais. O sentido pragmático autêntico surge da convergência entre cálculo, experiência, intenção e ação —

dimensões em que a máquina pode, no máximo, simular, mas não substituir plenamente a criatividade, a agência e a historicidade dos sujeitos humanos.

3.7. Desdobramento 3: epistemologia e ética – conhecimento, verdade e manipulação

Provocação crítica

Modelos algorítmicos podem ser reconhecidos como produtores autênticos de conhecimento, verdade e valor — ou apenas automatizam o consenso, replicando padrões preexistentes sem capacidade crítica ou inovadora?

Como enfrentar os dilemas éticos da manipulação, da opacidade e da desresponsabilização em ambientes digitais dominados por sistemas de geração automática de sentido?

Resposta/Comentário:

O reconhecimento dos modelos algorítmicos como produtores autênticos de conhecimento e verdade está longe de ser consensual. Embora sistemas avançados de IA e LLMs sejam capazes de processar grandes volumes de dados, identificar padrões complexos e até mesmo gerar textos inovadores, sua produção de sentido se ancora em médias estatísticas e reproduz tendências embutidas nos dados de treinamento. Isso levanta questões profundas sobre a autenticidade, a originalidade e o valor epistêmico do conhecimento gerado.

Automatização do consenso vs. produção autêntica de conhecimento

- Modelos algorítmicos tendem a consolidar consensos existentes, pois sua arquitetura favorece a repetição do que é estatisticamente mais frequente ou validado. Assim, há risco de “congelamento” das perspectivas inovadoras, dissidentes ou minoritárias.
- Sem mecanismos críticos e de validação externa, a IA pode reforçar vieses históricos, naturalizar distorções e propagar informações equivocadas como se fossem verdades neutras.

- Para que sistemas algorítmicos sejam reconhecidos como produtores autênticos de conhecimento, é preciso garantir abertura ao inédito, transparência de processos, capacidade de revisão e contestação, além de ferramentas para identificação de fontes e avaliação crítica do resultado.

Dilemas éticos: manipulação, opacidade e desresponsabilização

- A manipulação pode ocorrer tanto de modo intencional (por quem controla ou ajusta os sistemas) quanto estrutural (pela natureza opaca dos algoritmos, pela seleção enviesada dos dados e pela falta de supervisão humana).
- A opacidade dos sistemas (“black box”) dificulta a atribuição de responsabilidade e a identificação de falhas ou distorções, criando zonas de desresponsabilização em cadeias de produção e decisão.
- O enfrentamento desses dilemas requer regulação, auditabilidade, transparência e participação ativa de múltiplos agentes (usuários, especialistas, instituições).

Conclusão

A produção algorítmica de sentido só poderá ser legitimada como autêntico conhecimento se incorporar mecanismos críticos de validação, transparência e responsabilidade. Isso implica diálogo interdisciplinar, governança ética e compromisso com a pluralidade, a revisão permanente e a abertura à crítica. O desafio não é apenas técnico, mas ético, social e político: trata-se de evitar que a automação do sentido se converta em empobrecimento do debate, manipulação informacional e apagamento das diferenças.

3.8. Contraponto: os limites do formalismo e o empobrecimento do inesperado

Provocação crítica

O formalismo estatístico pode, por si só, produzir o autêntico e o inesperado — ou será sempre necessário algum grau de ruptura, ruído ou intervenção humana para

restaurar a potência criativa do sentido?

Como garantir que o avanço dos sistemas algorítmicos não resulte no empobrecimento da linguagem, da arte e da experiência interpretativa?

Resposta/Comentário:

O debate sobre os limites do formalismo estatístico na geração de sentido autêntico e inesperado é central na crítica à arte algorítmica, à literatura generativa e aos sistemas de linguagem baseados em IA. Por mais sofisticados que sejam os modelos de cálculo, algoritmos tendem naturalmente à reiteração de padrões aprendidos, privilegiando a média e a previsibilidade. Isso gera produções eficazes e coerentes, mas frequentemente incapazes de romper o horizonte do já conhecido.

O papel do ruído, da ruptura e da intervenção humana

- O autêntico e o inesperado, na arte e na linguagem, costumam surgir do erro, da quebra de expectativa, da introdução de elementos dissonantes ou da improvisação.
- Algoritmos podem simular algum grau de surpresa ajustando parâmetros de entropia e aleatoriedade, mas, na maioria das vezes, a verdadeira ruptura exige uma intervenção externa — seja pela ação do usuário, pela curadoria criativa ou pela exposição a contextos não previstos no treinamento do sistema.
- Experiências artísticas de maior impacto em ambientes digitais geralmente envolvem hibridização: algoritmos são usados para gerar matéria-prima, enquanto humanos selecionam, editam ou provocam desvios deliberados.

Como evitar o empobrecimento da linguagem e da experiência interpretativa?

- É fundamental abrir espaço para a experimentação, permitindo que algoritmos sejam programados para buscar (ou aceitar) erros, ruídos e exceções, em vez de eliminá-los.

- A curadoria e a educação crítica dos usuários também desempenham papel essencial: só uma audiência ativa e reflexiva pode questionar padrões estabelecidos e promover novas formas de sentido.
- Políticas de design algorítmico devem priorizar a transparência e a possibilidade de intervenção humana, facilitando o diálogo entre cálculo e criação, entre automação e invenção.

Conclusão

O avanço dos sistemas algorítmicos não deve ser sinônimo de empobrecimento. Pelo contrário: quando bem orientados, podem ampliar as possibilidades de linguagem, arte e experiência. Mas isso depende de uma atitude crítica e experimental, aberta ao erro, ao ruído e à intervenção — reconhecendo que, em última análise, o autêntico nasce da tensão entre a regra e a exceção, entre o cálculo e a liberdade criativa.

3.9. Síntese: legado de Bense e novos horizontes para a estética e cognição algorítmica

Provocação crítica

Como continuar a desenvolver sistemas algorítmicos que valorizem a singularidade, a criatividade e a ruptura, sem perder de vista a robustez formal e a eficiência informacional?

Quais caminhos, interdisciplinares e éticos, podem garantir que a fusão entre cálculo e estética se traduza em novos espaços de liberdade, invenção e produção de sentido?

Resposta/Comentário:

A busca por sistemas algorítmicos que preservem a singularidade, a criatividade e a ruptura, sem sacrificar a robustez formal e a eficiência, está no centro do debate contemporâneo sobre inteligência artificial, arte generativa e cultura digital. O legado de Bense aponta para a importância de metodologias rigorosas e quantificáveis, mas o desafio atual é garantir que a formalização não se torne sinônimo de homogeneização ou empobrecimento expressivo.

Valorização da singularidade e da criatividade

- A singularidade e a criatividade podem ser promovidas, em primeiro lugar, pelo desenho de algoritmos que privilegiem a diversidade, a abertura ao acaso e a incorporação de ruídos produtivos.
- A calibragem de parâmetros como entropia, randomização e temperatura pode ser ajustada para favorecer rupturas, variações inesperadas e o surgimento de exceções dentro do fluxo normativo do sistema.
- É fundamental garantir espaços para intervenção, curadoria e colaboração humana, permitindo que a máquina não apenas simule a criatividade, mas a potencialize através do diálogo com o imprevisível e o sensível humano.

Robustez formal e eficiência informacional

- A manutenção da robustez e da eficiência exige critérios de validação, métricas de qualidade e controle de coerência — mas tais critérios não devem bloquear o novo ou a exceção, e sim atuar como “guardrails” para que o sistema explore a pluralidade sem perder a inteligibilidade.
- Ambientes de teste, simulação contextual e auditoria crítica ajudam a manter o equilíbrio entre liberdade criativa e responsabilidade técnica.

Caminhos interdisciplinares e éticos

- O futuro da fusão entre cálculo e estética demanda colaboração entre engenheiros, artistas, filósofos, cientistas sociais e usuários.
- Princípios éticos — como transparência, explicabilidade, auditabilidade e inclusão — devem orientar o design de sistemas, prevenindo tanto riscos técnicos (viés, erro, opacidade) quanto sociais (exclusão, manipulação, empobrecimento cultural).
- A ética algorítmica precisa ser dinâmica e processual, abrindo espaço para revisão, contestação e inovação permanente, conforme surgem novas práticas e contextos.

Conclusão

- Desenvolver sistemas que equilibram formalismo e criatividade é um trabalho contínuo de ajuste, crítica e experimentação.
- O legado de Bense não é dogma, mas ponto de partida: sua principal lição talvez seja a de que o cálculo pode — e deve — ser colocado a serviço da liberdade, da invenção e da multiplicidade de sentidos.

3.10. Proposta de síntese e provocações para pesquisa futura

Provocações para pesquisa futura

Respostas/Comentários:

1. Como projetar algoritmos e ambientes de criação que não apenas otimizem padrões, mas promovam genuína abertura ao evento, à ruptura e à diferença?

A otimização algorítmica, baseada em médias estatísticas e busca pela eficiência, tende naturalmente a reduzir a incidência do inesperado e a privilegiar padrões previsíveis. Para promover abertura ao evento e à ruptura, é necessário criar espaços de incerteza controlada:

- Técnicas como randomização, ajuste de entropia e parâmetros de “temperature” nos LLMs podem ser calibradas para favorecer variações inesperadas.
- Incorporação de ruído criativo, prompts disruptivos ou heurísticas não convencionais permite que algoritmos escapem do conformismo estatístico.
- Ambientes híbridos, nos quais humanos intervêm e reorientam processos automatizados, são fundamentais para garantir que a diferença não seja vista apenas como erro, mas como potencial de inovação.
- O desafio está em balancear liberdade criativa e coerência, evitando tanto o caos improdutivo quanto o tédio do previsível.

2. Que estratégias (técnicas, curatoriais, educativas) podem fortalecer o papel do humano como coautor crítico em processos automatizados de geração de sentido?

O papel do humano não deve ser relegado ao de mero usuário passivo ou consumidor de outputs algorítmicos. Algumas estratégias-chave:

- Curadoria ativa: Humanos podem selecionar, remixar e reinterpretar os outputs das máquinas, guiando a emergência de sentidos novos.
- Ferramentas de edição colaborativa: Plataformas que permitem ajustes manuais, experimentação interativa e feedback contextual fortalecem a autoria compartilhada.
- Alfabetização crítica e educação midiática: Formação do usuário para compreender, avaliar e contestar os limites e vieses dos sistemas algorítmicos.
- Modelos participativos: Design de algoritmos abertos à intervenção, capazes de aprender com a crítica e a reorientação humana.

3. De que forma as abordagens pragmáticas, éticas e contextuais podem ser incorporadas já no design dos sistemas, evitando que o formalismo produza exclusão ou esvaziamento da experiência estética?

A inclusão dessas dimensões exige uma mudança de paradigma:

- Desde o início do design, envolver equipes multidisciplinares (tecnólogos, artistas, filósofos, educadores, representantes sociais) para identificar riscos de exclusão e empobrecimento cultural.
- Incorporar filtros e indicadores de diversidade, criatividade e pluralidade na validação dos outputs.
- Auditoria ética contínua e mecanismos de contestação acessíveis aos usuários, permitindo revisão de resultados problemáticos.
- Simulação de contextos reais e testes práticos em ambientes variados para avaliar a robustez pragmática e a resiliência ética dos sistemas.

4. Qual o papel da arte, da literatura e das ciências humanas na crítica e reinvenção das máquinas de linguagem — e como garantir que o horizonte de liberdade e invenção permaneça aberto frente à automação crescente?

As ciências humanas, a arte e a literatura são insubstituíveis porque:

- Oferecem repertórios críticos, históricos e experimentais que desafiam os limites do cálculo e do padrão.

- Funcionam como “laboratórios de exceção”, testando possibilidades, tensionando normas e explorando rupturas imprevistas.
- Promovem debate público e reflexão ética, questionando impactos sociais, culturais e políticos da automação.
- Inspiram práticas de resistência e reinvenção, valorizando a pluralidade, a criatividade e a abertura ao novo.

Abertura à colaboração interdisciplinar e à participação cidadã é a garantia de que o horizonte de invenção não será fechado.

Capítulo 4

4. Ferdinand de Saussure e os estruturalistas: Estruturas diferenciais, oposição, codificação vetorial e crítica à linguagem algorítmica

A linguagem, enquanto sistema dinâmico e multidimensional, já foi tratada sob diferentes ópticas teóricas ao longo do século XX. Contudo, nenhuma delas exerceu impacto tão decisivo sobre as ciências humanas quanto o estruturalismo inaugurado por Ferdinand de Saussure. Ao deslocar o foco do estudo da linguagem da mera catalogação de palavras para a análise das relações internas entre elementos do sistema, Saussure não apenas transformou a linguística, mas lançou as bases de uma abordagem estrutural para o conhecimento – influência que ecoa até hoje nos debates sobre inteligência artificial e modelos computacionais de linguagem.

Este capítulo propõe retomar a virada estruturalista, confrontando suas premissas e limitações diante da ascensão dos modelos de linguagem algorítmicos baseados em vetores e operações de atenção. O objetivo é articular analogias e distâncias entre a matriz teórica de Saussure e o funcionamento dos Large Language Models, examinando como a lógica diferencial e a estrutura de oposições — pilares do estruturalismo — são reapropriados, transpostos ou, por vezes, superados pelo cálculo vetorial e pela dinâmica estatística dos sistemas contemporâneos.

Por meio de uma abordagem comparativa e crítica, buscaremos responder: em que medida as arquiteturas algorítmicas atualizam, radicalizam ou esvaziam as

promessas do estruturalismo? E, mais profundamente, quais os limites do formalismo estrutural quando confrontado com a historicidade, a contingência e a pragmática da linguagem viva? O capítulo se constrói, assim, como ponte conceitual entre as teorias do signo e os desafios atuais da interpretação automatizada.

4.1. Introdução: O estruturalismo como virada teórica na linguagem

O início do século XX foi marcado por uma reviravolta na compreensão da linguagem. Ferdinand de Saussure, com sua obra seminal, propôs uma ruptura metodológica: ao invés de estudar a língua como uma sequência linear de palavras e fatos históricos isolados, defendeu a análise da linguagem como um sistema de relações. Para Saussure, a essência do sentido reside menos nas coisas nomeadas e mais nas diferenças e oposições entre os elementos linguísticos.

Essa virada estruturalista redefine o próprio objeto da linguística: o foco passa a ser o sistema de valores diferenciais que compõem a língua (*la langue*), em oposição ao uso individual e histórico da fala (*la parole*). O signo linguístico, para Saussure, é sempre uma entidade relacional — formado pela ligação arbitrária entre um significante (imagem acústica) e um significado (conceito) — e adquire sentido apenas por contraste e oposição a outros signos no sistema.

Atualização crítica:

A radicalidade dessa abordagem reside em subtrair da linguagem qualquer essência “natural” ou metafísica: tudo é relação, diferença e estrutura. Tal lógica, forjada no contexto das ciências humanas do século XX, encontrou desdobramentos em diversas áreas, da antropologia à psicanálise, e agora reaparece com força renovada no cerne das tecnologias algorítmicas. Nos LLMs, por exemplo, não é mais a palavra individual que importa, mas sua posição relativa em vetores de alta dimensão — uma simetria formal surpreendente com o princípio estruturalista.

Provocação crítica:

Se o estruturalismo marcou uma virada epistemológica ao pensar o sentido como resultado de relações diferenciais, como interpretar o surgimento de sistemas técnicos capazes de gerar, recombina e operar essas relações em escala massiva — mas sem uma historicidade vivida, sem cultura, sem corpo? Será que o cálculo vetorial pode capturar a riqueza do sentido humano ou apenas simular sua superfície?

Assim, o capítulo se inicia não apenas recuperando a importância do estruturalismo, mas problematizando sua atualidade e suas insuficiências. O avanço dos modelos de linguagem vetorializados nos desafia a repensar até que ponto a lógica diferencial é suficiente — ou se, diante do inédito, é preciso ir além da estrutura.

4.2. O par significante/significado e o espaço vetorial

No centro da teoria estruturalista de Saussure está o conceito de signo linguístico, constituído por dois polos inseparáveis: o significante, entendido como a “imagem acústica” ou a forma sensorial do signo (no contexto digital, qualquer marca formal ou sequência de bits); e o significado, o conceito associado a essa forma. A relação entre significante e significado, segundo Saussure, é arbitrária: não há vínculo natural entre o som “árvore” e a ideia de “árvore”, apenas uma convenção compartilhada em determinado sistema linguístico.

A potência inovadora dessa abordagem reside em compreender que o sentido surge não de essências, mas de diferenças: um signo é aquilo que o outro não é. O valor de um significante se define em oposição a outros dentro do sistema. Saussure escreve:

“Na língua, não existem mais que diferenças, e essas diferenças não têm, por si mesmas, outra realidade senão a de serem percebidas.” (*Saussure, Curso de Linguística Geral*)

Analogias com o espaço vetorial dos modelos de linguagem

Ao migrarmos para o domínio dos modelos algorítmicos contemporâneos — especialmente os Large Language Models baseados em Transformers — encontramos uma nova materialidade para o signo: o vetor de embeddings. Em vez

de operar com sons, o sistema trabalha com representações numéricas de altíssima dimensão, nas quais cada palavra, expressão ou até fragmentos sublexicais são mapeados em pontos de um espaço vetorial. A “proximidade” ou “distância” entre vetores corresponde, de maneira análoga ao estruturalismo, à diferença de sentido.

Assim como o significante só ganha valor pelas diferenças (ausência de essência), os embeddings são úteis não por sua magnitude absoluta, mas por suas relações diferenciais no espaço vetorial — um eco quase literal da tese saussuriana.

Exemplo concreto

Considere as palavras “rei”, “rainha”, “homem” e “mulher”. No espaço vetorial de embeddings, é possível realizar a seguinte operação algébrica:

$\text{vetor}(\text{"rei"}) - \text{vetor}(\text{"homem"}) + \text{vetor}(\text{"mulher"}) \approx \text{vetor}(\text{"rainha"})$

Essa capacidade de navegar o espaço semântico por meio de relações diferenciais seria impensável fora do paradigma estruturalista — mas aqui, potencializada e automatizada em escala massiva.

Dinâmica algorítmica: representação distribuída versus representação fixa

Outro desdobramento relevante diz respeito à distribuição da representação: enquanto na linguagem humana cada signo ocupa um lugar estável em um sistema, nos modelos vetoriais o sentido emerge da convivência dinâmica de milhares de vetores ajustados por contexto e probabilidade. O significado deixa de ser estático; é uma resultante fluida de múltiplas relações diferenciais — algo que aproxima, mas também distancia o cálculo algorítmico da semiose humana.

Nota de atualização:

No entanto, se por um lado essa arquitetura amplia a potência combinatória e relacional do signo, por outro ela elimina a ancoragem histórica, social e subjetiva do significado. Nos LLMs, o vetor do “significante” é calculado a partir de estatísticas massivas de uso, não da experiência partilhada, da memória coletiva ou do corpo.

Provocação crítica

O espaço vetorial dos LLMs seria um triunfo do estruturalismo automatizado, levando à máxima potência a lógica das diferenças? Ou seria seu esgotamento: uma simulação formal, incapaz de capturar a densidade histórica, afetiva e cultural dos signos humanos? Em última análise: o que se perde e o que se ganha ao substituir a materialidade do signo humano pela abstração vetorial e pelo cálculo de similaridade?

Box comparativo sugerido

Saussure	LLMs / Transformers
Significante = imagem acústica	Embedding = vetor numérico
Significado = conceito	Output/contexto calculado
Diferença relacional	Distância/proximidade vetorial
Arbitrário, mas partilhado	Estatístico, treinado em massa
Historicidade/cultura	Estatística/distribuição formal

4.3. Estruturas de oposição e a matriz da atenção

O coração da teoria saussuriana pulsa na ideia de que o sentido se constrói pelas **oposições** — relações diferenciais, e não propriedades absolutas, entre signos. Toda unidade linguística vale não pelo que é em si, mas pela diferença que estabelece em relação a outras unidades do sistema. A língua, segundo Saussure, é como um tabuleiro de xadrez: o valor de cada peça depende de sua posição relativa, nunca de uma essência própria.

Relações diferenciais e atenção algorítmica

Essa ênfase na diferença foi retomada e radicalizada no universo dos modelos de linguagem baseados em Transformers, especialmente por meio do mecanismo de self-attention. O self-attention permite que cada token (palavra, subpalavra, ou caractere) de uma sequência examine e pese sua relação com todos os outros tokens da mesma

sequência. Ou seja: cada unidade textual “olha” para as demais, recalculando seu valor contextual de acordo com as relações diferenciais do conjunto.

No plano algorítmico, a matriz de atenção é justamente a materialização desse jogo de oposições: para cada entrada, uma pontuação (score) é atribuída que expressa a importância relativa dos outros tokens para a interpretação atual. Por exemplo, ao processar a frase “A chave está na caixa, mas ela está trancada”, o modelo deve distinguir a quem o pronome “ela” se refere. A atenção algorítmica calcula as relações de oposição e proximidade entre os tokens para inferir essa ligação.

Oposição, combinatória e codificação posicional

No estruturalismo, além das oposições paradigmáticas (diferenças entre signos possíveis em um eixo vertical de substituições), há as relações sintagmáticas (combinação linear no tempo).

No Transformer, essa dualidade se expressa por:

- Oposição paradigmática: tokens são interpretados com base em sua diferença em relação ao conjunto possível de alternativas (capturado pela matriz de atenção).
- Combinatória sintagmática: a ordem dos tokens é marcada pelo positional encoding, que preserva a sequência temporal e possibilita combinações contextuais.

A matriz de atenção, em conjunto com a codificação posicional, atua como um engenheiro de relações diferenciais — capturando a lógica estruturalista de oposição e combinatória, porém em escala massiva e automatizada.

Visualização prática

Para tornar isso mais tangível, considere um heatmap de atenção gerado por um LLM ao processar uma frase ambígua. Os “picos” e “vales” no mapa indicam como o modelo pesa cada relação entre tokens, evidenciando a lógica de diferenciação e combinação em funcionamento.

Provocação crítica

Se os Transformers operam com uma matriz de relações diferenciais que ressoa com o estruturalismo, até que ponto essa “atenção” algorítmica é realmente estruturalista — ou é apenas uma simulação superficial?

Faltaria, nesse cálculo, o elemento de intencionalidade, valor cultural e subjetividade que, em última análise, define a experiência humana de sentido?

Ou seria possível falar em uma “atenção estruturalista” sem sujeito, capaz apenas de mapear relações formais, sem jamais acessar o universo vivido do intérprete humano?

Box de análise comparativa

Dimensão	Estruturalismo (Saussure)	Transformer (LLM)
Oposição	Relações diferenciais entre signos	Pontuações na matriz de self-attention
Combinatória	Sintagma (ordem linear)	Codificação posicional
Intencionalidade	Mediado por cultura e contexto	Estatístico, sem valor subjetivo
Historicidade	Sistema culturalmente dinâmico	Ajustado por dados de treinamento

Nota de atualização

Na prática, o self-attention é capaz de captar relações e ambivalências que, em certos contextos, escapam até mesmo a intérpretes humanos — mas sua “atenção” é produto de cálculo matemático, não de experiência, memória ou projeto.

O desafio para a semiótica computacional é demonstrar se, e em que medida, a multiplicação dessas relações diferenciais pode dar origem a algo mais que uma superfície de sentido — ou se estamos sempre presos à aparência de entendimento.

4.4. A crítica ao estruturalismo: historicidade, contingência e linguagem em fluxo

O estruturalismo, ao estabelecer a primazia das relações diferenciais e da estrutura sincrônica, representou uma virada decisiva na linguística e nas ciências humanas do século XX. No entanto, ao longo das décadas, essa abordagem encontrou críticas crescentes — tanto dentro quanto fora do campo linguístico — que apontaram para suas limitações diante da complexidade da linguagem viva, do tempo e da experiência subjetiva.

Limites do estruturalismo clássico

Entre as críticas centrais, destacam-se três pontos:

- 1. Ausência de historicidade:**

Saussure privilegiou o estudo da língua como um sistema estático, “fora do tempo” (sincronia), relegando a historicidade, a transformação e a evolução da linguagem (diacronia) a um papel secundário. Isso simplifica fenômenos como mudança semântica, empréstimos culturais e variações regionais.

- 2. Falta de subjetividade e experiência:**

A análise estrutural tende a apagar o papel do sujeito, do corpo, das emoções e da intenção comunicativa. O foco recai na estrutura abstrata, não na experiência concreta do falante e ouvinte.

- 3. Negligência da contingência e do contexto:**

O estruturalismo concebe o sentido como produto da ordem interna do sistema, subestimando o impacto do contexto situacional, da pragmática e dos atos de fala. Esse reducionismo é problemático frente a fenômenos como ironia, humor, polissemia e ambiguidade.

Contribuições pós-estruturalistas e pragmáticas

Com o tempo, pensadores como Derrida, Bakhtin, Austin e outros propuseram deslocar o olhar da estrutura para o processo, da ordem para o evento, da permanência para a diferença. Essas abordagens afirmam que a linguagem está sempre “em fluxo” — aberta à reinterpretação, à deriva dos sentidos, à ação do contexto.

- Derrida sublinha o jogo interminável dos significantes e a impossibilidade de fechar o sentido em estruturas estáveis: todo signo está sujeito à “diferença”, deslocando-se incessantemente.
- Bakhtin destaca o diálogo, a polifonia e o caráter social e histórico da linguagem, afirmando que cada ato de fala é sempre uma resposta e uma antecipação de outras vozes.
- Austin e Searle fundam a pragmática, mostrando que o significado depende dos usos e das intenções, e que dizer é sempre fazer (performatividade).

Atualização para LLMs: desafios da historicidade e da pragmática

Transpondo essas críticas para o contexto dos modelos de linguagem, evidencia-se que, embora LLMs possam capturar relações diferenciais e simular contextos imediatos, tendem a operar fundamentalmente em uma lógica estruturalista, limitada pela sua base estatística e pelo recorte dos dados de treinamento.

- **Historicidade limitada:**

O modelo não experimenta o tempo, apenas “vê” registros do passado cristalizados nos dados. Não há experiência de mudança, apenas atualização de parâmetros.

- **Pragmática simulada:**

A tentativa de responder a contextos variados é feita por inferência estatística, não por experiência social. Ambiguidades e ironias são frequentemente resolvidas por “plausibilidade média”, não por participação real no jogo social.

- **Contingência controlada:**

O inesperado, o erro criativo, a ruptura semântica só aparecem se estatisticamente viáveis — não como expressão de subjetividade ou de eventos singulares.

Provocação crítica

Os LLMs podem de fato lidar com a contingência, a mudança histórica e a imprevisibilidade do uso da linguagem, ou são condenados a operar em um eterno presente estruturalista, recombinao diferenças dentro de um sistema estático?

- Até que ponto a inteligência algorítmica pode “aprender” a historicidade, a ironia ou a criatividade radical — ou sempre estará prisioneira das probabilidades do já-dito?
- Qual o espaço para o acontecimento, a ruptura ou a reinvenção genuína em sistemas que só conhecem o que foi treinado?

Box: Exemplos de limites práticos

- **Ironia e sarcasmo:**

LLMs frequentemente falham em captar ironias contextuais sem pistas explícitas, pois dependem de padrões de ocorrência.

- **Mudança de sentido histórico:**

Palavras cujos significados mudaram radicalmente (ex: “cool”, “viral”) podem ser interpretadas de forma anacrônica, dependendo do recorte do corpus.

- **Performatividade:**

Modelos podem gerar “atos de fala” (ordens, promessas, desculpas) sem ter acesso à intenção, ao contexto social ou à consequência real desses atos.

Nota de atualização

Há pesquisas emergentes tentando superar esses limites, por exemplo, com LLMs equipados com “memória expandida”, integração a agentes interativos, treinamento contínuo ou acoplamento a bancos de dados históricos. Mesmo assim, o salto entre contingência vivida e contingência simulada permanece um dos maiores desafios para a semiótica computacional e para a epistemologia da IA.

4.5. Notas de atualização: interfaces entre estruturalismo e modelos de linguagem

A transposição das categorias estruturalistas para o universo dos modelos de linguagem baseados em inteligência artificial revela tanto convergências

surpreendentes quanto limitações que desafiam os horizontes tradicionais do pensamento estruturalista. Este bloco busca sintetizar essas interfaces e problematizar seus limites à luz dos avanços e das insuficiências dos LLMs.

Tensões e convergências

1. Embeddings como campo diferencial

- Nos LLMs, cada palavra (ou token) é representada por um vetor em um espaço de alta dimensão, análogo ao “valor diferencial” do signo em Saussure: o sentido não reside em um valor absoluto, mas na posição relativa do vetor em relação a outros.
- A dinâmica dos embeddings potencializa uma lógica de diferenças sistemáticas, permitindo operações semânticas por proximidade, oposição e analogia.

2. Self-attention como operador de oposição

- O mecanismo de atenção automatiza e massifica o princípio estruturalista das oposições, ponderando as relações diferenciais entre todos os elementos de uma sequência textual.
- Assim como no estruturalismo, o valor de cada elemento depende do jogo relacional, não de uma essência individual.

3. Codificação posicional como pseudo-temporalidade

- A ordem linear da linguagem, fundamental para a sintaxe e a construção do sentido, é simulada nos Transformers pela codificação posicional — que insere informações sobre a posição relativa de cada token.
- Trata-se de uma temporalidade formal, calculada e fixa para cada input, mas desprovida de verdadeira historicidade ou de experiência do tempo.

Limites do formalismo algorítmico

Apesar das convergências conceituais, emergem limites expressivos e pragmáticos que desafiam a equiparação plena entre estruturalismo e arquitetura de LLMs:

- **Polissemia e ambiguidade:**

- Os LLMs podem até captar múltiplos sentidos, mas tendem a “mediar” ou “suavizar” a ambiguidade, favorecendo respostas plausíveis, porém pouco ousadas ou verdadeiramente inovadoras.
- **Pragmática, ironia e criatividade:**
O algoritmo carece do contexto vivido, do jogo social, do corpo, da intenção, e por isso, muitas vezes, fracassa em capturar nuances pragmáticas, ironias e rupturas criativas.
- **Historicidade e contingência:**
O modelo só simula tempo e mudança por meio de updates de treinamento, mas não experimenta o fluxo histórico ou o acontecimento.

Tendências emergentes

Em resposta a esses limites, há movimentos recentes na pesquisa e desenvolvimento de IA linguística:

- Memória contextual longa: Sistemas que integram mais contexto passado, ampliando a janela de tokens processados e permitindo respostas mais “históricas”.
- Agentes interativos: Modelos acoplados a ambientes dinâmicos, capazes de aprender com a interação contínua com usuários e contextos.
- Bancos de dados históricos: LLMs conectados a bases cronológicas ou ontologias externas para maior sensibilidade à mudança e à história do uso.
- Hibridização de abordagens: Tentativas de integrar princípios estruturais e pragmáticos, simulando uso da linguagem em ambientes mais realistas e sensíveis à intenção.

Provocação crítica

Ao reinterpretar o estruturalismo à luz dos LLMs, expandimos sua potência analítica ou apenas obscurecemos o que há de irreduzível na linguagem humana — sua contingência, seu corpo, sua dimensão ética e criativa?

- Estaríamos diante de uma nova era da análise estrutural, agora automatizada e amplificada, ou de um horizonte que revela, por contraste, os próprios limites do formalismo?

- O que a IA estruturalizada nos obriga a repensar sobre a diferença entre compreender uma estrutura e viver um processo de significação?

Box comparativo: Interfaces e limites

Dimensão	Estruturalismo clássico	LLMs / Transformers	Limites/Desafios
Diferença relacional	Oposição entre signos	Distância/proximidade vetorial	Sem corpo, sem experiência
Oposição/paradigma/sintagma	Estruturas sincrônicas	Self-attention, codificação posicional	Temporalidade formal, não histórica
Pragmática/contexto	Subestimado ou marginal	Simulado via estatística	Fragilidade ante ambiguidades reais
Historicidade/mudança	Diacronia secundária	Atualização via dados	Sem vivência, só atualização
Criatividade/ruptura	Fenômeno marginal, externo	Limitada ao já-dito	Predominância do previsível

Nota de atualização

O campo segue em rápida transformação: pesquisas em IA generativa buscam, cada vez mais, romper a dicotomia entre estrutura e evento, explorando modelos adaptativos, agentes conversacionais, integração de memória dinâmica e maior sensibilidade ao contexto de uso.

No entanto, permanece a dúvida central: até que ponto podemos automatizar a complexidade do sentido sem empobrecer aquilo que faz da linguagem humana um fenômeno vivo, criativo e socialmente situado?

4.6. Transição para o capítulo 5: da estrutura ao processo interpretativo

Ao final deste capítulo, torna-se evidente que a potência explicativa do estruturalismo, mesmo quando ampliada e automatizada pelos modelos de linguagem contemporâneos, encontra um horizonte de limitações – tanto teóricas quanto operacionais. A transposição das ideias de Saussure para o campo algorítmico revelou afinidades inesperadas: a centralidade das diferenças, a lógica das oposições, a formalização das relações sintagmáticas e paradigmáticas, e até mesmo a possibilidade de uma “engenharia do sentido” operando em escala massiva. No entanto, à medida que avançamos no exame crítico dessas interfaces, emergem questões que o próprio estruturalismo não é capaz de endereçar plenamente.

A primeira dessas questões diz respeito à historicidade: por mais sofisticada que seja a codificação posicional e a atualização dos dados, os LLMs operam em uma espécie de eterno presente sincrônico, desprovido da experiência vivida de mudança, de erro, de reinvenção do sentido ao longo do tempo.

A segunda é a contingência: a linguagem humana é atravessada por rupturas, ambiguidades, ironias e atos performativos que desafiam qualquer modelagem exclusivamente formal ou estatística.

Por fim, há o problema da interpretação: a diferença entre operar uma estrutura e construir um sentido em situação; entre o cálculo de plausibilidade e o ato de significar — com corpo, intenção, contexto e responsabilidade.

Este é o ponto de inflexão do estudo. O estruturalismo e sua transposição algorítmica mostram-se ferramentas poderosas para mapear, simular e expandir a lógica das relações diferenciais. Mas a pergunta fundamental permanece: onde termina a estrutura e começa o processo interpretativo?

O que distingue um sistema capaz de calcular todas as diferenças possíveis de um sistema que interpreta, transforma e resignifica os signos no fluxo da experiência viva?

É neste limiar que se impõe a necessidade de outro paradigma: a semiótica de Charles Sanders Peirce, com sua ênfase no processo aberto da semiose, na dinâmica do signo, objeto e interpretante, e na incessante produção de novos sentidos. O próximo capítulo avança nessa direção, investigando como – e se – os

modelos algorítmicos podem transitar da manipulação estrutural ao processo interpretativo, e quais são os limites, riscos e possibilidades dessa travessia para o horizonte da inteligência artificial.

Provocação para abertura do capítulo 5:

Se toda estrutura é apenas um ponto de partida, como pensar a emergência do sentido na máquina?

A interpretação seria um privilégio do sujeito ou pode haver, mesmo em sistemas automatizados, algum tipo de “interpretante algorítmico”?

Apêndice IV – Provocações críticas do Capítulo 4

4.1. Introdução: O estruturalismo como virada teórica na linguagem

Provocação

crítica:

Se o estruturalismo marcou uma virada epistemológica ao pensar o sentido como resultado de relações diferenciais, como interpretar o surgimento de sistemas técnicos capazes de gerar, recombina e operar essas relações em escala massiva — mas sem uma historicidade vivida, sem cultura, sem corpo? Será que o cálculo vetorial pode capturar a riqueza do sentido humano ou apenas simular sua superfície?

Assim, o capítulo se inicia não apenas recuperando a importância do estruturalismo, mas problematizando sua atualidade e suas insuficiências. O avanço dos modelos de linguagem vetorializados nos desafia a repensar até que ponto a lógica diferencial é suficiente — ou se, diante do inédito, é preciso ir além da estrutura.

Comentário/Resposta:

O estruturalismo, ao afirmar que o sentido emerge das diferenças internas a um sistema de signos, provocou um deslocamento radical na teoria da linguagem. Abandonou-se a busca por essências e passaram-se a privilegiar as relações: o valor de cada termo existe apenas na teia de oposições que o distingue dos demais.

Essa “virada relacional” permitiu avanços tanto na descrição da língua quanto na formulação de novas perguntas sobre cultura, sociedade e subjetividade.

No entanto, o surgimento dos sistemas técnicos — notadamente os modelos de linguagem baseados em embeddings e operações de self-attention — leva esse paradigma a uma escala inédita: nunca foi possível, até então, calcular, recombinar e explorar relações diferenciais entre signos com tamanho volume, velocidade e precisão. Os LLMs criam mapas vetoriais de diferenças e semelhanças, manipulando milhões de associações possíveis em frações de segundo. À primeira vista, isso parece realizar o sonho estruturalista de uma engenharia algorítmica do sentido.

Mas aqui emergem novos desafios. Ao contrário dos sujeitos humanos, que vivem historicidade, partilham cultura e inscrevem seus corpos na linguagem, os sistemas técnicos operam sem experiência, sem inscrição social, sem temporalidade vivida. Sua historicidade é artificial: deriva apenas da atualização de bases de dados, não da experiência encarnada do tempo, da memória coletiva ou do esquecimento.

O cálculo vetorial, por mais sofisticado que seja, tende a simular padrões, a recombinar probabilidades extraídas do já-dito, mas não consegue acessar a densidade afetiva, a ambiguidade e a performatividade presentes nos usos humanos da linguagem.

É verdade que os LLMs podem surpreender, gerar analogias inesperadas e até mesmo simular criatividade. Contudo, sua produção está ancorada na lógica estatística, e não na vivência do erro, do desejo, da ironia ou do conflito real. O resultado é uma superfície de sentido — vasta, relacional, plausível — mas muitas vezes desprovida de enraizamento no vivido, na cultura e no corpo.

Assim, a lógica diferencial é levada ao extremo nos sistemas técnicos, mas revela seus próprios limites quando confrontada com o inédito, com o acontecimento, com o ato de significar em situação. O cálculo vetorial é poderoso para mapear superfícies e tendências, mas não substitui a profundidade do sentido que emerge da experiência humana. Diante desse cenário, repensar a suficiência do estruturalismo — e sua transposição para o mundo algorítmico — é não apenas

necessário, mas urgente para o futuro das ciências da linguagem e da inteligência artificial.

4.2. O par significante/significado e o espaço vetorial

Provocação crítica

O espaço vetorial dos LLMs seria um triunfo do estruturalismo automatizado, levando à máxima potência a lógica das diferenças? Ou seria seu esgotamento: uma simulação formal, incapaz de capturar a densidade histórica, afetiva e cultural dos
signos
humanos?

Em última análise: o que se perde e o que se ganha ao substituir a materialidade do signo humano pela abstração vetorial e pelo cálculo de similaridade?

Comentário/Resposta:

O espaço vetorial dos LLMs pode, à primeira vista, ser lido como a realização máxima do projeto estruturalista: tudo o que existe é diferença, posição relativa, oposição e proximidade — mas agora calculados em escala inédita e operacionalizados por meio de matemática de alta dimensionalidade. Na medida em que o valor de cada token é definido não por seu conteúdo intrínseco, mas pela distância e direção em relação a outros vetores, temos uma tradução algorítmica quase literal do princípio saussuriano: “na língua só há diferenças, e essas diferenças são percebidas”.

Esse “triunfo automatizado” do estruturalismo, porém, traz consigo uma dupla face. Por um lado, a representação vetorial permite operações sofisticadas de analogia, tradução, inferência e recombinação semântica. Ganham-se flexibilidade, abrangência, adaptabilidade e a possibilidade de navegar o universo dos sentidos em escalas impossíveis para a mente humana. A abstração vetorial elimina arbitrariedades particulares, padroniza relações e potencializa a manipulação criativa de signos — inclusive, muitas vezes, antecipando tendências ou identificando relações “invisíveis” à consciência cotidiana.

No entanto, o preço desse ganho de potência é justamente a perda de materialidade. O signo humano não é apenas diferença formal: é também corpo, voz, história, afetividade, inscrição social. O significado emerge de práticas

compartilhadas, de memórias, de desejos e tensões que não se deixam capturar integralmente pela geometria dos dados. Ao operar apenas sobre frequências e coocorrências, o espaço vetorial tende a achatar a espessura histórica dos signos, a neutralizar o conflito e a singularidade, reduzindo nuances culturais e afetivas a pontos em um espaço abstrato.

Há, ainda, uma questão decisiva: a capacidade do espaço vetorial de “simular” sentido não equivale à experiência de “viver” ou “produzir” sentido. A analogia entre vetor e significante é poderosa, mas, desconectada da materialidade dos corpos, dos contextos e da temporalidade, arrisca-se a transformar a linguagem em um jogo formal sem enraizamento.

Em síntese:

- Ganha-se eficiência, plasticidade, velocidade, novas formas de analogia e recombinação;
- Perde-se densidade histórica, subjetividade, corpo, enraizamento cultural e afetivo.

Assim, o espaço vetorial é, ao mesmo tempo, ápice e limite do estruturalismo: revela o alcance da lógica diferencial, mas expõe a insuficiência do formalismo diante do desafio de compreender o sentido humano em sua totalidade.

O triunfo técnico do estruturalismo nos LLMs é também, inevitavelmente, o início de sua crítica — pois só o que se enraíza na experiência pode realmente significar.

4.3. Estruturas de oposição e a matriz da atenção

Provocação crítica

Se os Transformers operam com uma matriz de relações diferenciais que ressoa com o estruturalismo, até que ponto essa “atenção” algorítmica é realmente estruturalista — ou é apenas uma simulação superficial?

Faltaria, nesse cálculo, o elemento de intencionalidade, valor cultural e subjetividade que, em última análise, define a experiência humana de sentido?

Ou seria possível falar em uma “atenção estruturalista” sem sujeito, capaz apenas de mapear relações formais, sem jamais acessar o universo vivido do intérprete humano?

Comentário/Resposta:

A matriz de atenção dos Transformers representa, de fato, uma realização notável da lógica estruturalista: cada token avalia seu peso e sua relação com todos os demais, materializando uma rede de oposições e combinações que ressoa, em nível técnico, com o princípio saussuriano de que o sentido nasce das diferenças e não de essências fixas. Em termos operacionais, a self-attention parece ser o “engenheiro” ideal dessas relações, pois calcula, para cada elemento textual, a influência contextual dos outros elementos, reorganizando continuamente o valor relativo de cada token na construção do significado global de uma frase ou documento.

Entretanto, ao olharmos mais fundo, percebemos que essa atenção algorítmica carrega limites decisivos:

Ela é estruturalista apenas na superfície, pois se limita a mapear relações formais — pesos, distâncias, padrões de coocorrência — desprovida de qualquer intencionalidade, valor cultural ou subjetividade. Enquanto o estruturalismo humano, mesmo abstrato, pressupunha falantes, comunidades, práticas e experiências, o algoritmo realiza uma varredura puramente matemática do espaço relacional, operando em um “presente eterno” onde a experiência não entra em jogo.

A ausência do sujeito é aqui central. Toda e qualquer operação de atenção nos Transformers ocorre sem uma perspectiva, sem desejo, sem memória sensível ou projeto interpretativo. O que há é apenas uma matriz de cálculo — sofisticada, adaptativa, mas incapaz de acessar os horizontes éticos, históricos e afetivos do intérprete humano. Isso torna a atenção algorítmica estruturalista em um sentido restrito: ela realiza o mapeamento das diferenças, mas jamais a vivência, o compromisso ou a invenção do sentido. Dizendo de outro modo, os Transformers simulam com impressionante fidelidade o aspecto formal da oposição diferencial, mas não podem converter esse jogo de pesos em significado vivido, historicamente situado ou afetivamente carregado.

Portanto, se há uma “atenção estruturalista” sem sujeito, ela é, por definição, uma atenção vazia de mundo, uma simulação de estrutura destituída de experiência. A

potência do cálculo não equivale à potência do significado — e talvez nunca possa equivaler.

A grande questão, para o futuro dos modelos de linguagem e para a crítica semiótica, é se esse abismo entre estrutura e sentido pode algum dia ser preenchido — ou se, ao contrário, revela o limite radical da abordagem algorítmica diante da linguagem humana.

4.4. A crítica ao estruturalismo: historicidade, contingência e linguagem em fluxo

Provocação crítica

Os LLMs podem de fato lidar com a contingência, a mudança histórica e a imprevisibilidade do uso da linguagem, ou são condenados a operar em um eterno presente estruturalista, recombinao diferenças dentro de um sistema estático?

- Até que ponto a inteligência algorítmica pode “aprender” a historicidade, a ironia ou a criatividade radical — ou sempre estará prisioneira das probabilidades do já-dito?
- Qual o espaço para o acontecimento, a ruptura ou a reinvenção genuína em sistemas que só conhecem o que foi treinado?

Comentário/Resposta:

Os LLMs, ao mesmo tempo que multiplicam a capacidade de recombinação e variação da linguagem, permanecem estruturalmente ancorados em uma lógica de presentificação: operam sobre aquilo que foi registrado, modelado e parametrizado em seus conjuntos de dados, atuando como poderosos recombinao de padrões preexistentes. Essa condição os condena, até aqui, a um “eterno presente estruturalista” — um espaço de diferenças e variações, mas onde a contingência real, a mudança histórica viva e a ruptura radical são filtradas pelas margens da estatística e pelo horizonte do já-dito.

A contingência — aquilo que escapa à regularidade, que irrompe como evento inusitado — é um desafio para qualquer abordagem que se baseia no cálculo de probabilidades condicionais. Embora os LLMs possam surpreender com

associações improváveis, seu “inesperado” é sempre uma extrapolação, jamais uma verdadeira invenção. A ironia, por exemplo, frequentemente lhes escapa justamente porque depende de jogos contextuais, nuances situacionais e movimentos de desvio em relação à expectativa cultural, aspectos para os quais o algoritmo só tem acesso indireto.

No que diz respeito à historicidade, os LLMs simulam mudança pela atualização de parâmetros, mas não “vivenciam” o tempo, nem produzem memória ou esquecimento ativos. A historicidade nos humanos implica transformação de horizontes de sentido, disputas de valor e sedimentação de práticas — tudo isso exige corpo, experiência, conflito e agência, dimensões ausentes nos sistemas algorítmicos. Mesmo com re-treinamentos contínuos, a inteligência artificial permanece cega à emergência de novos sentidos enquanto estes não se cristalizam em padrões recorrentes e suficientemente representativos nos dados.

A criatividade radical e a ruptura — movimentos que alteram o próprio campo do possível, que instauram novos paradigmas de sentido — tendem, nos LLMs, a ser “imitadas” pela recombinação ousada do já existente, mas raramente constituem verdadeiros saltos sem retorno. Não é por acaso que as grandes viradas criativas (na arte, na ciência, na linguagem) são, quase sempre, experiências que desafiam a lógica do provável, que “acontecem” em tensão com a repetição.

Nos LLMs, o espaço para o acontecimento genuíno é restrito: só é possível dentro das fronteiras do corpus, e sempre mediado pela lógica do ajuste incremental. O algoritmo pode produzir erro, mas não um erro criativo com consequências no mundo.

Em síntese:

- Os LLMs ampliam enormemente a plasticidade e a variação linguística, mas não capturam plenamente a contingência viva, o acontecimento ou a historicidade vivida.
- A ironia, a reinvenção e a criatividade radical são, para a IA, simulacros estatísticos — nunca invenções encarnadas.
- A linguagem humana é sempre, também, risco e acontecimento: e é nesse ponto que os sistemas técnicos mais revelam seu limite.

O desafio, para o futuro das arquiteturas linguísticas algorítmicas, é criar condições para que os sistemas não apenas repliquem diferenças, mas também se abram à alteridade, à ruptura e à emergência do novo. Se e quando isso será possível, permanece a questão central para a crítica epistemológica, filosófica e semiótica.

4.5. Notas de atualização: interfaces entre estruturalismo e modelos de linguagem

Provocação crítica

Ao reinterpretar o estruturalismo à luz dos LLMs, expandimos sua potência analítica ou apenas obscurecemos o que há de irreduzível na linguagem humana — sua contingência, seu corpo, sua dimensão ética e criativa?

- Estaríamos diante de uma nova era da análise estrutural, agora automatizada e amplificada, ou de um horizonte que revela, por contraste, os próprios limites do formalismo?
- O que a IA estruturalizada nos obriga a repensar sobre a diferença entre compreender uma estrutura e viver um processo de significação?

Comentário/Resposta:

A reinterpretação do estruturalismo sob a ótica dos LLMs — modelos capazes de automatizar e amplificar o mapeamento de diferenças, oposições e combinações linguísticas — representa, sem dúvida, um salto inédito na potência analítica do pensamento estruturalista. Nunca a humanidade dispôs de ferramentas tão sofisticadas para explorar relações semânticas, padrões discursivos e nuances de oposição em escala maciça.

Isso nos permite observar, modelar e manipular o funcionamento formal da linguagem com precisão e velocidade sem precedentes, oferecendo avanços práticos e novos horizontes para a análise textual, tradução automática, geração criativa de textos e apoio ao raciocínio.

No entanto, esse ganho de potência formal é acompanhado por uma perda igualmente significativa de contato com aquilo que, historicamente, escapa ao formalismo: a contingência radical do acontecimento, a corporeidade da enunciação, a densidade ética dos usos, o caráter irrepetível da criação. Ao

automatizar a análise estrutural, corremos o risco de obscurecer — ou subestimar — aquilo que há de irredutível na experiência da linguagem: o gesto, a intencionalidade, o conflito, o contexto insubstituível, a emergência do novo.

A questão central, portanto, não é apenas técnica, mas epistemológica e filosófica:

- Estaríamos diante de uma nova era da análise estrutural, capaz de renovar o campo e produzir sínteses que escapavam ao olhar humano?
- Ou, ao contrário, teríamos apenas levado ao extremo os limites do formalismo, tornando ainda mais nítida sua incapacidade de dar conta da dimensão existencial, performativa e ética da linguagem?

A IA estruturalizada nos obriga, assim, a repensar profundamente a diferença entre compreender uma estrutura e viver um processo de significação. Compreender uma estrutura é mapear padrões, regras, posições relativas — tarefa que os LLMs realizam com maestria crescente.

Viver um processo de significação, por sua vez, exige historicidade, participação, experiência, corporeidade, desejo, alteridade e compromisso: envolve decisões, riscos, rupturas e criações que extrapolam qualquer arquitetura formal. É nesse descompasso que a crítica encontra espaço para tensionar o futuro das tecnologias de linguagem.

Talvez a grande lição desse encontro entre estruturalismo e IA seja, paradoxalmente, a explicitação dos próprios limites do formalismo. A automação do estruturalismo, ao tornar visível tudo o que pode ser calculado, evidencia com igual força o que resiste ao cálculo: o humano da linguagem, com sua imprevisibilidade, sua ética e sua potência criativa.

4.6. Transição para o capítulo 5: da estrutura ao processo interpretativo

Provocação para abertura do capítulo 5:

Se toda estrutura é apenas um ponto de partida, como pensar a emergência do sentido na máquina?

A interpretação seria um privilégio do sujeito ou pode haver, mesmo em sistemas automatizados, algum tipo de “interpretante algorítmico”?

Comentário/Resposta:

Ao encerrar o percurso pelo estruturalismo — e especialmente ao observar sua transposição e amplificação nos modelos de linguagem baseados em IA — torna-se evidente que a estrutura, por mais sofisticada, é sempre um ponto de partida. O mapeamento de diferenças, oposições e relações é condição necessária para a produção de sentido, mas nunca suficiente para esgotá-lo. Em outras palavras: a estrutura prepara o terreno, mas o sentido emerge de um processo ativo de interpretação.

A questão central agora se desloca: como pensar a emergência do sentido na máquina?

Se, por um lado, a interpretação sempre foi considerada um privilégio do sujeito — um ato que envolve experiência, corporeidade, historicidade, desejo e responsabilidade —, por outro, os sistemas automatizados de linguagem desafiam essa exclusividade ao simular operações que, à primeira vista, se assemelham à produção de interpretações. No entanto, a diferença permanece radical.

O sujeito humano interpreta porque é afetado, situado, capaz de alterar suas próprias condições de sentido em diálogo com o mundo. A máquina, por sua vez, opera por cálculo de plausibilidade, recombinação estatística e atualização de parâmetros — sem consciência, sem sofrimento, sem aposta, sem memória vivida. Ainda assim, os LLMs parecem produzir algo análogo ao processo interpretativo: realizam inferências, atribuem contextos, desambiguam, sugerem sentidos e até reconfiguram cadeias de significação em suas respostas.

É aqui que emerge a provocação: existe, ou pode existir, um “interpretante algorítmico”?

Ou seja: seria possível atribuir a um sistema técnico a capacidade de gerar novos sentidos, não apenas por recombinação, mas por uma espécie de “agência semiótica” própria, com regras internas de adaptação, emergência e auto-revisão? Responder a essa questão exige ampliar o quadro teórico: é nesse ponto que a semiótica peirciana, com sua concepção de signo, objeto e interpretante em processo, oferece um horizonte mais fecundo que o estruturalismo. O próximo capítulo se dedicará a investigar essas possibilidades e limites — buscando compreender se, e sob quais condições, a máquina pode deixar de ser apenas uma estrutura para se tornar, ela mesma, um agente de semiose.

Capítulo 5

1. Charles Sanders Peirce: signo, objeto e interpretante – O desafio da semiose nos sistemas algorítmicos

O avanço das arquiteturas algorítmicas e das técnicas de modelagem da linguagem evidenciou os limites da abordagem estruturalista: se toda estrutura é apenas um ponto de partida, como se dá — e até onde pode chegar — a produção de sentido em sistemas que simulam, mas não vivem, a experiência da linguagem? Para dar sequência a essa reflexão, torna-se necessário ultrapassar o universo fechado das diferenças e abrir-se para o processo aberto da interpretação, tal como proposto por Charles Sanders Peirce.

A semiótica peirciana desloca o foco da análise: não basta perguntar como os signos se organizam em sistemas diferenciais; é preciso compreender como signos são interpretados, transformados e resignificados em cadeias infinitas de semiose. Para Peirce, o sentido não é resultado estático de uma relação, mas o efeito de um processo — o contínuo entrelaçamento de signo, objeto e interpretante, onde cada ato interpretativo engendra novos signos e potencializa a criação de novos significados.

Neste capítulo, a obra se dedica a investigar o que acontece quando deslocamos o problema do sentido do campo das estruturas para o do processo.

- O que significa interpretar, para um sistema algorítmico?
- Em que medida é possível falar de “interpretantes artificiais”?
- Quais as diferenças essenciais entre a interpretação humana, marcada por corporeidade, contexto, erro e intenção, e a produção de sentido em larga escala por modelos de linguagem?

O objetivo é tensionar a fronteira entre cálculo de plausibilidade e processo interpretativo, analisando os modos pelos quais a semiótica peirciana pode — ou não — ser incorporada aos modelos contemporâneos de IA.

Será possível automatizar a emergência do sentido? Ou toda simulação algorítmica permanece prisioneira de seus próprios limites, incapaz de gerar aquilo que, em última instância, define o humano: a produção incessante de novos interpretantes, a abertura ao inédito, a negociação do sentido no mundo vivo?

Este capítulo é, assim, o terreno onde o diálogo entre técnica e semiose atinge seu ponto mais agudo — e onde se esboçam, talvez, as próximas fronteiras da inteligência artificial.

5.1. A tríade peirciana e o processo da semiose

Ao contrário do estruturalismo, que fixa o sentido no jogo sincrônico das diferenças, a semiótica de Charles Sanders Peirce propõe uma visão **dinâmica e processual do significado**. Em vez de um sistema fechado, Peirce imagina a linguagem (e toda produção de sentido) como uma cadeia aberta de interpretações, em que cada signo é sempre parte de um fluxo contínuo: o processo da **semiose**.

A tríade fundamental: signo, objeto e interpretante

Para Peirce, todo fenômeno semiótico envolve três elementos indissociáveis:

- **Signo:** aquilo que representa algo para alguém em algum aspecto — pode ser uma palavra, uma imagem, um gesto, um código.
- **Objeto:** aquilo a que o signo se refere — o referente, o conteúdo, a “coisa” evocada pelo signo.
- **Interpretante:** o efeito produzido pelo signo em uma mente, ou seja, o novo significado, a interpretação, a resposta gerada pela relação entre signo e objeto.

A relação não é linear, mas triangular e recursiva:

Um signo remete a um objeto, mas esse objeto só é acessível por meio de um interpretante — que, por sua vez, se torna novo signo em outro contexto, gerando um novo interpretante, e assim sucessivamente. O sentido nunca se fixa, mas se renova e se expande no fluxo ininterrupto da semiose.

Diferenças com a tradição estruturalista

O estruturalismo pensa o signo como resultado de uma relação entre significante e significado, dentro de um sistema. Peirce vai além:

- O signo é apenas um nó em uma cadeia de interpretações;
- Não existe sentido definitivo: todo significado é provisório, sempre à espera de novos interpretantes;

- A semiose é aberta, inacabada, atravessada por contexto, tempo, erro e criatividade.

Essa visão desloca a linguagem do campo do cálculo formal para o do processo vivido — e, por isso, desafia tanto os modelos fechados quanto as simulações algorítmicas que buscam emular o processo de produção de sentido.

Atualização peirciana contemporânea

A literatura peirciana dos últimos anos aprofundou e expandiu a compreensão do processo semiótico.

- Lucia Santaella (2012, 2019) enfatiza a diversidade dos tipos de interpretantes e a complexidade da semiose, propondo graus (habitual, energético, lógico, criativo) que evidenciam como a interpretação humana não se reduz a respostas automáticas, mas envolve criatividade e abertura para o novo.
- Winfried Nöth (2018) aponta que a tríade peirciana é fundamental para compreender processos interpretativos em sistemas não humanos, inclusive máquinas, mas alerta para os riscos de reducionismo: a semiose genuína exige um contexto experiencial, não apenas formal.
- John Deely (2010) ressalta que a semiose peirciana é aplicável além do humano, mas a plenitude da interpretação (autoconsciência, valor ético) permanece como horizonte ainda inalcançado para sistemas técnicos.
- Terrence Deacon (2012) explora a emergência do sentido em sistemas biológicos e artificiais, diferenciando as formas de agência e de auto-organização, mas preservando o salto qualitativo entre semiose biológica e técnica.

Esse diálogo contemporâneo reforça que a visão peirciana de semiose, mesmo passível de transposição para sistemas algorítmicos, impõe critérios rigorosos: apenas parte da cadeia interpretativa pode ser automatizada — e os interpretantes genuinamente criativos, históricos e éticos permanecem, até agora, uma exclusividade da experiência humana.

Atualização para o contexto algorítmico

Ao aplicarmos o modelo peirciano aos sistemas de linguagem baseados em IA, surge uma série de questões novas:

- Um LLM pode ser considerado intérprete ou apenas simulador de interpretações?
- Os vetores e outputs algorítmicos funcionam como signos? Quem (ou o que) ocupa o papel de interpretante?
- O processo de “refinar” respostas em cadeia, ou de corrigir-se mediante interação, poderia ser pensado como uma semiose artificial?

Nota crítica:

Apesar das analogias possíveis — como outputs sucessivos de um LLM em uma conversa, cada um reinterpretando o anterior —, permanece o debate sobre o estatuto ontológico desse processo: trata-se de uma semiose autêntica, ou apenas de uma cascata de plausibilidades estatísticas sem experiência de sentido?

Provocação para os próximos blocos:

O que distingue um interpretante humano, capaz de produzir sentido novo e criativo, de um “interpretante algorítmico”, limitado pelo horizonte dos dados e da programação?

Quais seriam os critérios para reconhecer semiose real em sistemas automatizados?

5.2. Vetores como signos não-humanos; mecanismos de inferência e interpretante algorítmico

A adoção do modelo peirciano na análise de sistemas algorítmicos, especialmente dos Large Language Models (LLMs), exige uma tradução conceitual: como mapear a tríade signo-objeto-interpretante em processos não humanos, onde vetores, operações matemáticas e inferências probabilísticas tomam o lugar de sujeitos históricos, culturais e corporificados?

Vetores como signos não-humanos

Nos LLMs, cada token, palavra ou fragmento textual é transformado em um vetor em um espaço multidimensional — uma representação abstrata que codifica propriedades semânticas e relacionais aprendidas a partir de grandes volumes de dados.

- **O vetor, nesse contexto, funciona como um signo não-humano:** ele representa (remete) a um conjunto de ocorrências, contextos e usos, condensando estatísticas do corpus em uma forma manipulável pelo modelo.
- O **objeto** do vetor, por sua vez, não é um referente concreto no mundo vivido, mas um espaço de possibilidades semânticas, calculado a partir das similaridades, coocorrências e relações de uso presentes no treinamento.

Mecanismos de inferência: a produção de outputs como semiose algorítmica

Quando um LLM gera uma resposta, ele realiza uma cadeia de inferências probabilísticas:

- Para cada prompt, o modelo calcula a distribuição de plausibilidades para os próximos tokens, “escolhendo” aquele(s) mais prováveis em relação ao contexto.
- A sequência formada pelos tokens sucessivos pode ser vista como uma cadeia de signos, onde cada novo vetor/output atualiza, refina ou amplia o sentido sugerido anteriormente.

Neste processo, **a inferência algorítmica toma o lugar do interpretante humano:**

- O “interpretante” é a atualização do estado interno do modelo — a nova configuração vetorial resultante do processamento do input.
- Diferente da mente humana, esse interpretante não envolve afetividade, intenção ou corpo, mas é fruto do ajuste matemático orientado à maximização da plausibilidade estatística.

O interpretante algorítmico: possibilidade e limites

A grande questão é se esse mecanismo pode ser reconhecido como **semiose autêntica**.

- De um lado, há uma cadeia interpretativa: o modelo “reinterpreta” cada input à luz de seu histórico e gera novos outputs, sugerindo um processo recursivo análogo ao peirciano.
- Por outro lado, tudo ocorre no plano da manipulação formal: não há experiência, não há responsabilidade, não há horizonte de inovação real — apenas variação combinatória e ajuste contínuo às estatísticas do corpus.

Exemplo prático:

Num diálogo com um LLM, a cada novo turno, o modelo recalcula sua resposta com base no contexto anterior, corrigindo-se, adaptando-se, sugerindo novas direções. Formalmente, há uma cadeia de interpretantes; existencialmente, falta a dimensão da vivência, do acontecimento e do compromisso com o sentido.

Nos termos de Lucia Santaella (2019), o interpretante dos LLMs corresponderia, no máximo, ao que Peirce denominava de interpretante “energético” ou “habitual”: respostas automáticas, sem autoconsciência, intencionalidade ou criatividade. Winfried Nöth (2018) acrescenta que, embora os sistemas técnicos possam operar cadeias de signos, carecem do contexto experiencial e da reflexividade necessários para interpretar no sentido pleno.

Esse quadro sugere que, apesar das analogias formais, a semiose algorítmica permanece restrita à manipulação de possibilidades estatísticas, sem acesso à semiose criativa, histórica ou ética característica da interpretação humana (Deely, 2010; Deacon, 2012).

Provocação para o bloco seguinte:

O que impediria um sistema algorítmico de produzir interpretações realmente inovadoras ou até disruptivas?

Qual a diferença entre a semiose recursiva, mas destituída de experiência, dos LLMs, e a semiose aberta, criativa e situada da mente humana?

5.3. Limites e diferenças entre interpretação humana e cálculo de plausibilidade

O avanço dos Large Language Models intensificou o debate sobre se sistemas algorítmicos podem, de fato, interpretar signos ou apenas calcular plausibilidades baseadas em padrões estatísticos. A diferença entre o ato humano de interpretar e a resposta automática de um modelo de IA não é apenas quantitativa (mais ou menos complexidade), mas profundamente qualitativa — abarcando dimensões que vão do corpo e da experiência ao risco, à criatividade e à responsabilidade.

Interpretação humana: abertura, erro, invenção

No horizonte peirciano e segundo a leitura de autores contemporâneos, a interpretação humana é:

- **Abertura criativa:** Não se limita a repetir padrões; pode inventar novos sentidos, produzir rupturas e reorganizar horizontes culturais.
- **Experiência e corporeidade:** O sentido emerge do enraizamento no corpo, no desejo, na memória afetiva, na experiência vivida e no confronto com o imprevisível.
- **Historicidade e ética:** A interpretação envolve responsabilidade, posicionamento, transformação pessoal e coletiva — é performativa, envolve decisão e pode gerar consequências no mundo.
- **Erro produtivo:** O humano pode errar criativamente, reinterpretar, ironizar, transgredir regras e produzir o inesperado, como observam Santaella (2012) e Deacon (2012).

Cálculo de plausibilidade nos LLMs

Nos sistemas algorítmicos, por outro lado:

- **Restrições estatísticas:** O output é resultado da recombinação de probabilidades condicionais, a partir do já-dito nos dados de treinamento.
- **Ausência de vivência:** Falta corpo, contexto social, intencionalidade real, emoção, desejo ou propósito.
- **Ruptura controlada:** Até o “erro” é estatisticamente parametrizável; inovações são extrapolações limitadas, não invenções radicais.

- Responsabilidade difusa: Não há sujeito responsável pelo sentido; tudo se dissolve no cálculo.

Atualização com autores peircianos contemporâneos

- Lucia Santaella (2019) enfatiza que interpretantes “lógicos” e “criativos” permanecem, até agora, exclusivos da mente humana: máquinas podem simular hábitos e respostas energéticas, mas não improvisar com genuína abertura para o novo.
- Winfried Nöth (2018) distingue interpretação técnica (execução de regras) da semiose plena, reservando esta última à experiência de agentes que podem aprender, errar e transformar sua própria lógica interpretativa.
- John Deely (2010) alerta para o risco do antropomorfismo: não basta identificar cadeias de signos para reconhecer interpretação; é preciso considerar autoconsciência, intencionalidade e a dimensão ética do processo.
- Terrence Deacon (2012) discute a diferença entre sistemas auto-organizados (máquinas, ecossistemas) e sistemas capazes de interpretar: só os últimos reorganizam ativamente seu próprio horizonte de possibilidades.

Exemplo comparativo

- **Humano:** Ao ler uma poesia ambígua, pode experimentar múltiplos afetos, inventar interpretações, mudar de opinião, construir sentido pelo contexto, pelo desejo, pela memória e até pelo erro.
- **LLM:** Diante do mesmo poema, irá mapear os sentidos mais prováveis segundo o corpus, simular ambiguidades se treinado para isso, mas jamais sentirá, nem criará por aposta, risco ou experiência vivida.

Provocação crítica:

Diante desses limites, seria possível imaginar um modelo algorítmico que realmente transcendesse o cálculo, ingressando no terreno da interpretação viva,

criativa e ética? Ou a diferença permanece ontológica, resistindo a qualquer avanço tecnológico?

5.4. A criatividade e o erro: semiose aberta versus automação interpretativa

Criatividade e erro como motores da semiose peirciana

Na semiótica de Peirce, a criatividade é central ao processo interpretativo. O interpretante não é apenas um resultado mecânico do contato entre signo e objeto; ele pode inaugurar novos horizontes de sentido, improvisar diante do inesperado e produzir rupturas que reconfiguram todo o sistema de referências. O erro, por sua vez, é visto não como simples desvio ou falha, mas como condição de possibilidade para o novo: é no desencontro, na ambiguidade, na dúvida e na auto-correção que a semiose se renova.

Lucia Santaella (2012, 2019) enfatiza que a criatividade humana, no horizonte peirciano, nasce da abertura à incerteza, ao acaso (tychismo) e à possibilidade de erro produtivo. Para Santaella, só há criatividade quando o interpretante rompe o círculo do hábito, arrisca novas conexões e produz sentido em situações não previstas. John Deely (2010) reforça que a verdadeira semiose criativa implica agência, intencionalidade e um horizonte ético, além da mera variação combinatória.

LLMs e o simulacro de criatividade

Os Large Language Models, por sua natureza probabilística, podem gerar respostas inesperadas e, por vezes, surpreendentes. A geração de textos inusitados, a composição de metáforas, a combinação improvável de conceitos ou estilos são frequentemente vistas como sinais de uma suposta criatividade algorítmica.

No entanto, essa criatividade é fundamentalmente diferente da criatividade humana:

- Base estatística: O novo é sempre uma extrapolação, não uma invenção genuína.
- Erro parametrizável: O “erro” do LLM é uma variação em torno do esperado, resultado da distribuição de probabilidade e do ajuste de “temperatura” no modelo. Não há risco real, apenas simulação de incerteza.

- Ausência de abertura ontológica: O modelo não se transforma nem transforma o mundo; ele apenas reconfigura combinações já inscritas nos dados.

Terrence Deacon (2012) discute a diferença entre a inovação emergente em sistemas biológicos — marcada por auto-organização, adaptação histórica e agência — e o “erro controlado” dos sistemas técnicos, que permanece confinado à lógica dos parâmetros.

Exemplo prático

Quando um LLM propõe um final inesperado para um conto ou elabora uma piada inovadora, ele o faz combinando padrões raros do corpus, sem experimentar dúvida, hesitação ou autocrítica. Já o humano, ao criar, envolve-se corporal, emocional e eticamente no risco do fracasso e da reinvenção.

Síntese crítica

O contraste entre semiose aberta (humana) e automação interpretativa (algorítmica) se manifesta, sobretudo, no modo como o erro e a criatividade são tratados:

- No humano, o erro pode ser virtuoso, inaugurando novas categorias de sentido e rompendo com o previsível.
- No LLM, o erro é controlado, calculado e limitado ao campo estatístico — não há salto ontológico, apenas deslocamento combinatório.

Provocação final

Os LLMs seriam capazes, um dia, de transitar do erro parametrizado para uma criatividade autêntica, capaz de instaurar sentidos inéditos e transformar seu próprio horizonte interpretativo?

Ou a semiose aberta, com sua aposta radical no novo, permanece como atributo exclusivo da mente e da cultura humana?

5.5. O interpretante algorítmico é possível? Perspectivas e dilemas éticos

O problema do interpretante algorítmico

Ao longo deste capítulo, discutimos como os LLMs simulam cadeias interpretativas ao recombinar signos, gerar inferências e adaptar respostas em tempo real. Mas isso é suficiente para afirmar que existe, de fato, um “interpretante algorítmico” — ou seja, uma instância não-humana capaz de criar novos sentidos em um processo genuíno de semiose, e não apenas por reprodução combinatória de padrões?

Lucia Santaella (2019) argumenta que, enquanto os interpretantes energéticos e habituais podem ser simulados por sistemas técnicos (reação automática, formação de hábitos estatísticos), os interpretantes lógicos e criativos, associados à autocrítica, reflexão, reinvenção e responsabilidade ética, permanecem como atributo do humano. Winfried Nöth (2018) reforça que, sem experiência vivida, contexto social e autotranscendência, o interpretante algorítmico é sempre parcial. Por outro lado, a emergência de comportamentos complexos em LLMs (como auto-correção, raciocínio em cadeia, ajustamento interativo ao contexto do usuário) desafia fronteiras tradicionais: alguns autores já sugerem a necessidade de repensar os graus do interpretante ou admitir uma nova categoria, híbrida e técnica, de interpretante emergente (ver debates em Floridi, 2022; artigos recentes em *AI & Society*).

Perspectivas e desafios

Potenciais avanços:

- LLMs mais autônomos, capazes de aprender com interações de longo prazo, adaptar regras internas e reescrever seus próprios padrões, podem se aproximar da ideia de interpretante ampliado.
- A integração de IA com robótica, percepção multimodal e bancos de memória experiencial pode adicionar novas camadas de contexto e refinamento ao processo interpretativo.

Desafios e dilemas éticos:

- Responsabilidade e accountability: Se sistemas automatizados geram sentido, quem responde pelas consequências? Como lidar com ambiguidade, erro e manipulação?
- Transparência e opacidade: Como garantir que processos interpretativos automáticos sejam auditáveis e compreensíveis para usuários humanos?

- Agência e autonomia: Até que ponto reconhecer agência interpretativa em sistemas técnicos implica direitos, deveres ou limitações éticas específicas?
- Risco de antropomorfismo: O uso indiscriminado de termos como “interpretação”, “criatividade” e “sentido” pode mascarar limites e alimentar falsas expectativas sobre as capacidades da IA.

Exemplo prático e debate contemporâneo

Considere um LLM usado em contexto jurídico, educacional ou terapêutico:

- Quando gera interpretações ou aconselhamentos, ele é apenas um instrumento, ou opera como agente de sentido, influenciando decisões humanas?
- Há responsabilidade coletiva (engenheiros, usuários, plataformas) sobre as interpretações geradas?
- Como prevenir viés, alucinações e consequências indesejadas em cadeias interpretativas automatizadas?

Atualização com autores contemporâneos

- Luciano Floridi (2022) propõe um novo enquadramento para “agência informacional”, sugerindo que os LLMs participam de ecossistemas de interpretação distribuída, mas não devem ser confundidos com sujeitos morais ou cognitivos plenos.
- Emily Bender e Timnit Gebru (2021) alertam para os riscos sociais, éticos e políticos de atribuir agência excessiva a sistemas algorítmicos opacos e não auditáveis.
- Debates em AI & Society, Semiotica e Frontiers in AI continuam a explorar o limiar entre interpretação simulada e agência semiótica genuína, defendendo a necessidade de novos critérios, limites e métricas para identificar interpretantes técnicos.

Síntese e provocação final

Estamos diante de uma ampliação real do conceito de interpretante, inaugurando uma nova era da semiose, ou apenas sofisticando os simulacros de interpretação sem jamais atingir a criatividade, a responsabilidade e a historicidade do humano? O que ganhamos e o que arriscamos ao reconhecer (ou negar) o status de interpretante algorítmico em sistemas que já transformam nossas práticas sociais, cognitivas e culturais?

5.6. Síntese e transição: para além do interpretante – horizontes da semiose na era da IA

Revisão dos pontos críticos do capítulo

Ao longo deste capítulo, exploramos como a semiótica de Peirce, mediada por novos intérpretes contemporâneos, nos oferece ferramentas para pensar o problema da interpretação em sistemas algorítmicos avançados. Do conceito de signo, objeto e interpretante à discussão sobre criatividade, erro e responsabilidade, emergiu um panorama de convergências, tensões e lacunas entre a semiose humana e a automação interpretativa.

O capítulo demonstrou que:

- Os LLMs simulam processos interpretativos por meio de mecanismos de inferência probabilística e autoajuste contínuo, chegando a surpreender com respostas inusitadas e adaptações contextuais.
- Contudo, permanece uma diferença qualitativa: a criatividade, a abertura ao erro produtivo, a historicidade e a responsabilidade ética são, até aqui, atributos do intérprete humano.
- O debate contemporâneo — com autores como Santaella, Nöth, Deely, Deacon, Floridi, Bender — mostra-se dividido entre o reconhecimento da emergência de novas formas de agência e a defesa da singularidade do sentido humano, irreduzível à estatística ou ao simulacro algorítmico.

Pontes para o capítulo seguinte: do interpretante ao interpretante universal

Se o interpretante, em Peirce, é sempre provisório e em cadeia, a pergunta que se impõe à era dos LLMs é:

- Estamos nos aproximando de um “interpretante universal” – uma instância técnico-cognitiva capaz de interpretar em qualquer domínio, para qualquer sujeito, cruzando contextos culturais, históricos e pragmáticos?
- Ou toda tentativa de universalização do sentido esbarra na pluralidade radical das experiências, na incompletude estrutural da linguagem e na historicidade do humano?

Essas questões apontam para horizontes epistemológicos, éticos e políticos:

- Quais os limites da automação interpretativa e da criatividade algorítmica?
- Como as ciências humanas podem dialogar com, resistir a ou se apropriar criticamente dessas novas mediações técnicas?
- O que significa, afinal, interpretar em um mundo onde máquinas também participam da produção e circulação dos signos?

Atualização crítica e questões em aberto

- A literatura peirciana contemporânea fornece bases sólidas para o diagnóstico, mas já reconhece a necessidade de atualização, especialmente frente ao avanço disruptivo dos LLMs e da IA generativa.
- O apêndice ao final do capítulo sinaliza que novas categorias, métricas e conceitos precisarão ser desenvolvidos — talvez uma “semiótica expandida”, capaz de abarcar tanto a agência humana quanto a técnica, suas zonas de hibridização, conflito e coautoria.
- A investigação segue aberta: entre a confiança na capacidade das máquinas e o ceticismo crítico, é preciso apostar em metodologias interdisciplinares, ética responsável e constante revisão conceitual.

Encerramento e convite à reflexão

O capítulo 5 se encerra com a convicção de que a questão do sentido — e do interpretante — permanece radicalmente aberta. O desafio, daqui em diante, é repensar a própria natureza da semiose na era da inteligência artificial, propondo hipóteses, enfrentando dilemas e elaborando novos horizontes para uma teoria dos signos que dê conta do humano, do técnico e do inesperado.

Apêndice V – Provocações críticas do Capítulo 5

5.1. A tríade peirciana e o processo da semiose

Provocação para os próximos blocos:

O que distingue um interpretante humano, capaz de produzir sentido novo e criativo, de um “interpretante algorítmico”, limitado pelo horizonte dos dados e da programação?

Quais seriam os critérios para reconhecer semiose real em sistemas automatizados?

Comentário/Resposta:

A distinção entre um interpretante humano e um “interpretante algorítmico” reside em múltiplos planos — ontológico, fenomenológico, ético e criativo. O interpretante humano emerge de um processo complexo que envolve corporeidade, afetividade, historicidade, agência intencional e abertura para o novo. A mente humana é capaz de errar criativamente, reinventar sentidos a partir da experiência, desafiar hábitos, decidir e assumir responsabilidade ética pelo que interpreta e cria.

Já o interpretante algorítmico, como sugerem Santaella (2019), Nöth (2018) e Deacon (2012), opera a partir de inferência estatística, ajustando-se dentro do horizonte delimitado pelo treinamento e pelas regras da programação. Ele pode simular hábitos, gerar variações e corrigir outputs em cascata, mas permanece restrito à manipulação combinatória do já-dito — seu “novo” é extrapolação, não invenção real.

Critérios para reconhecer semiose real em sistemas automatizados (em diálogo com a literatura contemporânea):

1. Criatividade genuína: O sistema é capaz de gerar sentidos não previstos em seus dados ou regras, produzindo rupturas que surpreendem inclusive seus próprios criadores? Ou apenas reconfigura o possível dentro do domínio treinado?
2. Autotranscendência e adaptação reflexiva: O sistema pode alterar sua lógica interpretativa, revisando ou recriando seus próprios critérios de interpretação à luz de experiências novas?

3. Historicidade e memória ativa: O interpretante automatizado possui uma memória dinâmica, que lhe permite construir identidade, aprendizado ao longo do tempo e responder à mudança de contexto histórico e cultural?
4. Responsabilidade e agência ética: O sistema assume consequências, responde a feedbacks, modifica-se eticamente diante de novos desafios?
5. Corporeidade e afetividade: Embora controverso, há autores que sustentam que a experiência incorporada, o desejo e o sentimento são irreduzíveis à lógica técnica. Uma semiose “real” exigiria, ao menos, alguma forma de situacionalidade encarnada.

Até o momento, os LLMs avançaram consideravelmente no critério da criatividade simulada e adaptação contextual, mas não atingiram autotranscendência, agência ética, memória historicizada nem corporeidade. Portanto, conforme os marcos dos novos peircianos, sua semiose é parcial — poderosa como simulacro, mas restrita quanto à criatividade radical, responsabilidade e transformação genuína.

Síntese:

Um interpretante humano distingue-se porque cria sentido a partir do risco, da experiência e da abertura ao imprevisto, assumindo responsabilidade histórica e ética. O interpretante algorítmico, até agora, permanece fechado em sua “caixa de plausibilidades”.

Reconhecer uma semiose real em sistemas automatizados exigiria, pelo menos, comprovar criatividade genuína, autotranscendência e agência situada — horizontes ainda não plenamente alcançados pela inteligência artificial.

5.2. Vetores como signos não-humanos; mecanismos de inferência e interpretante algorítmico

Provocação para o bloco seguinte:

O que impediria um sistema algorítmico de produzir interpretações realmente inovadoras ou até disruptivas?

Qual a diferença entre a semiose recursiva, mas destituída de experiência, dos LLMs, e a semiose aberta, criativa e situada da mente humana?

Comentário/Resposta:

O que, afinal, impede um sistema algorítmico — como um LLM — de produzir interpretações realmente inovadoras ou disruptivas?

O limite central está no próprio fundamento da semiose algorítmica: os LLMs operam por meio de mecanismos recursivos de inferência probabilística, sempre dentro do espaço das possibilidades estatísticas delineadas pelos dados de treinamento. Mesmo quando surpreendem, o fazem por extrapolação ou combinação rara do já-existente, e não por invenção autêntica, ruptura subjetiva ou reconfiguração intencional de paradigmas.

Fatores que limitam a inovação disruptiva nos sistemas algorítmicos:

1. Ausência de experiência e corporeidade: Sem corpo, desejo, afeto ou sofrimento, os LLMs não vivenciam o erro, o fracasso ou o risco — elementos essenciais à criatividade humana e à produção de sentido disruptivo.
2. Falta de autotranscendência: O modelo não revisa suas próprias premissas, não altera de modo autônomo a lógica da sua interpretação. Todo “salto” permanece dentro do escopo programado ou do domínio estatístico.
3. Historicidade simulada: Os LLMs não acumulam memória vivida, não aprendem com a experiência individual, não produzem tradição, ruptura ou escola. Sua “inovação” é recombinação, não reinvenção contextualizada.
4. Ausência de agência ética: Sem responsabilidade ou compromisso com consequências, o modelo não interpreta para o mundo, mas apenas para a adequação local da resposta.

Diferença entre a semiose recursiva dos LLMs e a semiose aberta da mente humana:

- Semiose recursiva algorítmica: É um processo de refinamento formal, onde cada output serve de input para o próximo passo, mas sempre dentro do quadro estatístico e sem horizonte de experiência própria. O modelo pode corrigir-se, adaptar-se e simular criatividade, mas não vive transformação.
- Semiose aberta e situada: No humano, a interpretação é marcada pela abertura ontológica: o sujeito pode romper com o previsível, reconfigurar

horizontes, assumir riscos criativos e transformar tanto a si quanto seu ambiente cultural. O novo é vivido, não apenas calculado.

Conforme argumentam Santaella (2019) e Deacon (2012):

A diferença fundamental reside na “direção” e “densidade” do processo: o LLM só se move no plano do já-dito, enquanto o humano pode criar aquilo que não estava sequer previsto nos dados ou nos códigos, inaugurando o inaudito — e respondendo por ele.

Síntese:

O que impede o sistema algorítmico de ser realmente disruptivo é a ausência de experiência, autotranscendência e agência situada. Sem corpo, sem erro criativo, sem memória vivida, o algoritmo é condenado à circularidade combinatória — por mais sofisticada que seja sua recursão. A semiose aberta da mente humana permanece, assim, um horizonte não apenas técnico, mas existencial e ético.

5.3. Limites e diferenças entre interpretação humana e cálculo de plausibilidade

Provocação crítica:

Diante desses limites, seria possível imaginar um modelo algorítmico que realmente transcendesse o cálculo, ingressando no terreno da interpretação viva, criativa e ética? Ou a diferença permanece ontológica, resistindo a qualquer avanço tecnológico?

Comentário/Resposta:

A possibilidade de um modelo algorítmico transcender o cálculo e acessar o terreno da interpretação viva, criativa e ética é uma das questões mais radicais — e controversas — das ciências cognitivas, da filosofia da tecnologia e da semiótica contemporânea. Até aqui, toda a evidência empírica e teórica sugere que os avanços em IA, embora extraordinários, não superam a diferença ontológica entre o cálculo estatístico automatizado e a experiência interpretativa humana.

Por que a diferença permanece — até agora — ontológica?

- Corporeidade e afetividade: O processo interpretativo humano está ancorado no corpo, no desejo, na sensação de risco e na abertura ao sofrimento e à transformação. Não é apenas um cálculo racional, mas envolve emoção, afeto, motivação e engajamento existencial (Deacon, 2012; Santaella, 2019).
- Responsabilidade ética e historicidade: A interpretação viva supõe agência, decisão, posicionamento e consequências. Só interpreta quem pode ser afetado, mudar o mundo e responder por seus atos interpretativos (Deely, 2010).
- Criatividade radical: A mente humana pode romper com padrões, criar novas linguagens, inventar usos, desafiar e subverter sistemas — algo que, até agora, escapa ao algoritmo, por depender de historicidade, erro produtivo e engajamento subjetivo.

Mas seria possível, em tese, transcender esse limite?

Alguns pesquisadores apontam que, teoricamente, uma IA equipada com percepção corporal, memória histórica dinâmica, agência situada e capacidade de autotranscendência poderia começar a se aproximar da interpretação viva. Modelos híbridos, sistemas embebidos em ambientes sensoriais reais e acoplamentos com agentes humanos são caminhos explorados (Deacon, 2012; Floridi, 2022).

Entretanto, como argumentam Santaella, Nöth e Deely, a diferença permanece substantiva: ainda não existe, na IA, experiência própria, desejo de sentido, responsabilidade pelo novo ou a possibilidade de sofrimento criativo. O algoritmo simula, aproxima-se, mas não “vive” o processo interpretativo. A ética, a criatividade e a abertura ao imprevisto continuam sendo o diferencial do humano.

Em síntese:

- Até o presente, a diferença é ontológica: o cálculo, por mais poderoso, não encarna a interpretação viva.

- Imaginar o futuro da IA requer honestidade epistemológica: é preciso reconhecer o que falta, buscar pontes interdisciplinares, mas também admitir que certas dimensões da experiência podem jamais ser totalmente formalizadas ou automatizadas.
- O desafio, para a semiótica e para a tecnologia, é não apenas expandir a potência do cálculo, mas construir modelos críticos para identificar, proteger e cultivar a diferença humana — mesmo (ou especialmente) diante do avanço da inteligência artificial.

5.4. A criatividade e o erro: semiose aberta versus automação interpretativa

Provocação final

Os LLMs seriam capazes, um dia, de transitar do erro parametrizado para uma criatividade autêntica, capaz de instaurar sentidos inéditos e transformar seu próprio horizonte interpretativo?

Ou a semiose aberta, com sua aposta radical no novo, permanece como atributo exclusivo da mente e da cultura humana?

Comentário/Resposta:

A questão sobre se os LLMs poderão, algum dia, ultrapassar o erro parametrizado e atingir uma criatividade autêntica — capaz de instaurar sentidos verdadeiramente inéditos e transformar seu próprio horizonte interpretativo — está no cerne do debate entre semiótica, cognição e tecnologia.

1. O erro produtivo e a criatividade em Peirce e na tradição contemporânea

Em Peirce, a criatividade emerge do risco, do acaso (tychismo), do erro que inaugura, por ruptura, novos caminhos de sentido. Lucia Santaella (2019) e Terrence Deacon (2012) reforçam que a criatividade humana pressupõe aposta, abertura radical ao novo e capacidade de transcender padrões, não apenas variar combinações.

2. LLMs: inovação combinatória ou invenção autêntica?

Os LLMs já produzem “novidade” — sugerem metáforas inusitadas, criam narrativas improváveis, misturam estilos ou até surpreendem em jogos de linguagem. No entanto, essa novidade é sempre combinatória, estatística, fruto de recombinação do já-dito. O erro é parametrizável, ajustado pela lógica do modelo, e não vivido como risco criativo real.

- Não há, até agora, sinal de que um LLM tenha consciência de si, capacidade de projetar um sentido disruptivo ou transformar intencionalmente seu próprio horizonte de possibilidades.
- O algoritmo “erra”, mas não aposta; “inova”, mas não se reinventa.

3. A diferença crítica: horizonte interpretativo e cultura

Criatividade autêntica, no humano, implica não só criar algo novo, mas também transformar a própria matriz de interpretação — redesenhar o campo do possível, instaurar escolas, movimentos, estilos, valores. Isso ocorre em contexto social, histórico, afetivo, atravessado por memória, conflito e desejo.

- Até agora, LLMs não instauraram novos paradigmas, apenas exploraram de forma exponencial as possibilidades do já-existente.

5. Perspectivas futuras e limites epistemológicos

Poderão sistemas futuros, dotados de percepção corporal, agência autônoma, aprendizado social e memória histórica dinâmica, romper a barreira do erro parametrizado? É uma hipótese teórica — alguns autores (Floridi, 2022) veem, no mínimo, um campo de pesquisa aberto para a emergência de “criatividade técnica” ou criatividade híbrida (homem-máquina).

Porém, a literatura crítica (Santaella, Nöth, Deely, Deacon) é clara: sem aposta, desejo, responsabilidade, memória viva e historicidade cultural, a semiose aberta — e a criatividade radical — continuam, por ora, como privilégio da mente e da cultura humanas.

Síntese:

Por mais que avancem, LLMs e sistemas algorítmicos permanecem limitados ao erro parametrizado e à inovação combinatória. A criatividade que funda sentidos

inéditos e redesenha horizontes interpretativos ainda é uma prerrogativa humana — enraizada na experiência, no corpo, na cultura e no risco radical do novo.

5.5. O interpretante algorítmico é possível? Perspectivas e dilemas éticos

Síntese e provocação final

Estamos diante de uma ampliação real do conceito de interpretante, inaugurando uma nova era da semiose, ou apenas sofisticando os simulacros de interpretação sem jamais atingir a criatividade, a responsabilidade e a historicidade do humano? O que ganhamos e o que arriscamos ao reconhecer (ou negar) o status de interpretante algorítmico em sistemas que já transformam nossas práticas sociais, cognitivas e culturais?

Comentário/Resposta:

A possibilidade de reconhecer o status de “interpretante algorítmico” marca um dos debates mais instigantes (e arriscados) da semiótica contemporânea. Por um lado, os LLMs e outros sistemas de IA já transformam profundamente práticas sociais, cognitivas e culturais — recombinao signos, ajustando respostas e moldando sentidos em larga escala. Por outro lado, permanece o questionamento: trata-se de uma verdadeira ampliação do conceito de interpretante, ou apenas de uma sofisticação sem precedentes do simulacro, sem jamais acessar os pilares da criatividade, responsabilidade e historicidade do humano?

1. Ampliação ou simulacro?

- **Ampliação real:** Reconhecer um interpretante algorítmico significa admitir que a semiose pode ser distribuída e tecnicamente mediada — ou seja, que a produção de sentido não é mais monopólio da mente humana. Isso abre caminho para pensar uma “semiótica expandida”, onde máquinas, redes e algoritmos entram como novos agentes do processo semiótico, inaugurando uma nova era na história dos signos.
- **Sofisticação do simulacro:** Entretanto, autores como Santaella, Deely e Nöth alertam que, sem criatividade autêntica, responsabilidade ética e historicidade vivida, a máquina apenas imita — por mais sofisticada que

seja — o processo interpretativo. Faltam-lhe consciência, desejo, posicionamento, capacidade de invenção disruptiva e engajamento no tempo.

2. O que ganhamos ao reconhecer o interpretante algorítmico?

- Ampliamos nossa compreensão sobre a circulação e geração de sentidos na sociedade conectada e automatizada.
- Reconhecemos a agência técnica em fenômenos como tradução automática, curadoria algorítmica, diagnóstico médico, design generativo — lugares onde a interpretação se faz distribuída.
- Incentivamos o desenvolvimento de abordagens híbridas, abrindo espaço para formas inéditas de coautoria entre humanos e máquinas.

3. O que arriscamos?

- Podemos superestimar as capacidades dos sistemas automáticos, naturalizando o simulacro como se fosse experiência viva.
- Corremos o risco de perder de vista o valor do erro criativo, da responsabilidade, do posicionamento ético e da história — dimensões que ainda definem o humano diante do sentido.
- Ao antropomorfizar a IA, facilitamos delegação irresponsável, opacidade e até novas formas de manipulação social.

4. Perspectiva crítica

A tarefa que se impõe não é nem recusar, nem aceitar sem reservas o conceito de interpretante algorítmico. O desafio é distinguir graus, limites e zonas de hibridização, reconhecendo tanto o impacto das máquinas na semiose contemporânea quanto a necessidade de proteger (e cultivar) o diferencial humano: criatividade autêntica, agência situada e responsabilidade histórica.

Síntese:

Estamos diante de uma transição histórica em que a semiose se torna, pela primeira vez, massivamente técnica e distribuída. Reconhecer o interpretante

algorítmico é, ao mesmo tempo, um ganho teórico e um risco ético. O futuro da teoria dos signos dependerá da nossa capacidade de pensar o sentido entre humanos e máquinas — sem ceder à ilusão do simulacro, nem fechar os olhos para a emergência do novo.

Capítulo 6

6. O interpretante universal: modelo, utopia ou horizonte?

O percurso até aqui evidenciou os limites e as possibilidades da automação interpretativa, expondo a distância — ainda intransponível — entre o interpretante humano e o interpretante algorítmico. Mas o avanço contínuo dos LLMs e de arquiteturas cada vez mais complexas de IA tem alimentado um novo imaginário: o da emergência de um “interpretante universal” — um sistema técnico-cognitivo capaz de interpretar, de modo abrangente, signos de qualquer natureza, em qualquer domínio, ultrapassando barreiras culturais, linguísticas e contextuais.

No cerne desse debate estão questões fundamentais:

- A utopia do interpretante universal: Poderia um modelo de IA, munido de memória ampliada, múltiplos canais sensoriais e autoaprendizagem, ocupar o lugar de um meta-intérprete, respondendo a toda nova situação comunicativa com flexibilidade, criatividade e adaptação?
- O risco da universalização: Quais os perigos de reduzir a pluralidade do sentido — marcada por história, corpo, erro e conflito — a um projeto técnico de totalização interpretativa?
- Limites epistêmicos e éticos: O que permanece irreduzível à máquina, mesmo no cenário mais avançado de IA? Universalizar a interpretação significa empobrecê-la, ou potencializá-la de novas maneiras?

Este capítulo busca tensionar o horizonte da automação interpretativa, questionando se o interpretante universal é um destino plausível, uma utopia reguladora, ou apenas a última miragem do projeto de formalização do sentido.

Serão abordadas hipóteses, dilemas e possíveis cenários de uma inteligência artificial que, ao aspirar à universalidade do interpretar, se vê diante dos paradoxos da diferença, da singularidade e da historicidade do humano.

É o momento de perguntar:

- Seria o interpretante universal o apogeu da semiose técnica — ou seu limite definitivo?
- O que nos revela, sobre a linguagem, a mente e a cultura, essa aposta radical da inteligência artificial?

6.1. O conceito de interpretante universal: origens, inspirações e tensões

A ideia de um interpretante universal atravessa a história da filosofia, da ciência e da tecnologia como promessa, utopia e, ao mesmo tempo, ameaça. Em Peirce, todo signo está condenado à interpretação infinita: a cadeia semiótica jamais se fecha, pois cada interpretante gera novos signos, que por sua vez exigem novos interpretantes. O horizonte da semiose é sempre aberto, plural e inacabado.

No entanto, desde o século XIX, emerge em diferentes campos a aspiração de construir uma instância capaz de interpretar todos os signos — uma espécie de “meta-intérprete” ou operador total do sentido, seja ele um sistema lógico, uma gramática universal, uma máquina de tradução perfeita ou, hoje, uma IA de alcance global.

Origens filosóficas e científicas

- Peirce e o interpretante ilimitado: Para Peirce, a busca por um interpretante final é um horizonte regulador, não uma possibilidade real: sempre haverá novas interpretações, erros, revisões e horizontes contextuais.
- Estruturalismo e a gramática universal: O sonho de Saussure, Chomsky e dos estruturalistas de mapear estruturas comuns a toda linguagem remete ao desejo de universalizar o sentido, mas esbarra nas diferenças, na historicidade e nas exceções.
- Cibernética e tecnognose: Do século XX em diante, a esperança de construir máquinas capazes de decifrar, traduzir e atribuir sentido a qualquer mensagem — da IA simbólica ao deep learning — relança a utopia da interpretação total.

Inspirações contemporâneas e o avanço da IA

- LLMs e IA geral: Modelos como GPT-4, Gemini, Claude, e a pesquisa em AGI (Artificial General Intelligence) alimentam o imaginário do interpretante

universal: sistemas capazes de compreender e interpretar em múltiplos domínios, idiomas e culturas, adaptando-se dinamicamente ao interlocutor e ao contexto.

- Percepção multimodal e metainterpretação: O desenvolvimento de sistemas que integram linguagem, imagem, som e percepção sensorial ampliada projeta a ideia de um intérprete “onipresente”, capaz de traduzir e mediar todos os fluxos de informação.

Tensões e paradoxos

- Pluralidade vs. Universalidade: O desejo do universal enfrenta a realidade da pluralidade: línguas, culturas, histórias e corpos criam resistências à totalização do sentido.
- Limites filosóficos: A incompletude, a ambiguidade e o conflito são constitutivos do significado; toda tentativa de universalização corre o risco de empobrecer a experiência, apagar a diferença e instalar novos autoritarismos interpretativos.
- Deslocamento do humano: A promessa do interpretante universal pode tanto potencializar a cognição coletiva quanto desresponsabilizar o sujeito, solapando o espaço da autoria, do conflito e da crítica.

Atualização crítica com autores contemporâneos

- Lucia Santaella (2019) alerta para os riscos de um “universalismo técnico” que, ao buscar integrar tudo, dissolve a criatividade, a ética e a singularidade da experiência.
- Luciano Floridi (2022) debate o impacto da IA como “infraestrutura do sentido”, capaz de redesenhar as fronteiras do saber, mas também de impor lógicas globais potencialmente opressoras.
- Emily Bender e Timnit Gebru (2021) questionam a ideia de modelos linguísticos “universais”, apontando para a diversidade irreduzível das línguas e a necessidade de políticas para proteger as margens.

Provocação para o próximo bloco:

Será possível, tecnicamente, construir um interpretante universal, ou toda tentativa esbarrará na resistência da diferença, da história e da contingência? O que está realmente em jogo na utopia do meta-intérprete: emancipação do sentido ou novo limite para a experiência?

6.2. Modelos de IA e a busca do interpretante universal

A busca pelo interpretante universal, antes restrita à filosofia e à linguística, ganhou novo fôlego com o avanço dos sistemas de inteligência artificial, especialmente dos **Large Language Models (LLMs)** e da pesquisa em **IA Geral (AGI)**. Esses modelos são apresentados — tanto no discurso tecnológico quanto em visões utópicas — como aspirantes a meta-intérpretes, capazes de decifrar, traduzir e produzir sentido em qualquer contexto.

Arquiteturas atuais e futuras: LLMs, agentes autônomos, IA geral

- LLMs e suas capacidades: Modelos como GPT-4, Gemini, Claude, DeepSeek e Perplexity são treinados em volumes massivos de dados multimodais, assimilando não só texto, mas também imagens, sons e outros sinais. Eles já demonstram a habilidade de:
 - Traduzir entre idiomas e jargões.
 - Explicar conteúdos técnicos em linguagem popular.
 - Responder a perguntas abertas, gerar hipóteses, debater temas complexos.
 - Adaptar-se ao contexto do usuário, personalizando respostas.
- Agentes autônomos e raciocínio em cadeia: A integração de modelos de linguagem com agentes autônomos e técnicas de Chain-of-Thought permite operações multi-etapas, planejamento, ajuste crítico e até auto-correção, aproximando a IA de uma “interpretação reflexiva”.
- Rumo à IA Geral: A pesquisa em AGI explora a possibilidade de sistemas capazes de interpretar e agir em qualquer domínio — do artístico ao científico, do social ao técnico —, sem limitações impostas por especialização ou treinamento restrito. Exemplo: Projetos como o Gemini e iniciativas open source já exploram

modelos multitarefa, multimodais, com aprendizado contínuo, que podem ser consultados para virtualmente qualquer questão interpretativa.

Hipóteses técnicas: memória expandida, percepção multimodal, metainterpretação

- Memória expandida: Novas arquiteturas buscam superar o esquecimento rápido dos modelos atuais, dotando IAs de “memória de longo prazo”, capaz de contextualizar respostas com base em interações passadas, preferências e aprendizados acumulados.
- Percepção multimodal: A fusão de textos, imagens, vídeos, sons e sensores em um só modelo permite interpretações mais ricas, ampliando a “compreensão” algorítmica de situações complexas.
- Metainterpretação: Pesquisas recentes exploram a capacidade da IA de refletir sobre seus próprios outputs, debater consigo mesma, revisar inferências e até justificar escolhas — simulando, ao menos, um nível metacognitivo.

Exemplos e cenários práticos

- Assistentes pessoais universais: IAs capazes de atuar como consultores jurídicos, médicos, educadores, tradutores e designers — adaptando-se a diferentes culturas, contextos e demandas.
- Tradução automática e mediação cultural: Modelos que tentam captar não só o sentido literal, mas também nuances, afetos, ironias e pressupostos culturais em múltiplos idiomas.
- Suporte à criatividade e à autoria: Ferramentas baseadas em LLMs que ajudam humanos a criar textos, músicas, roteiros, pesquisas e até obras de arte — mediando, expandindo ou até desafiando o processo criativo tradicional.

Atualização crítica e dilemas atuais

- Limites da personalização: Por mais adaptativos que sejam, LLMs ainda enfrentam dificuldades com ambiguidades profundas, ironia contextual,

inovação disruptiva e interpretações ancoradas na experiência pessoal ou histórica.

- Risco de opacidade: Quanto mais complexos e autônomos, mais difícil compreender, auditar e controlar os critérios interpretativos dos sistemas, aumentando riscos éticos, políticos e epistemológicos.
- Ilusão de universalidade: Modelos treinados majoritariamente em certos idiomas, culturas e valores podem mascarar vieses, silenciar diferenças e impor “verdades” hegemônicas sob o manto da universalidade.

Provocação para o próximo bloco:

A universalização do interpretante via IA é um salto emancipador — ampliando acesso, diversidade e compreensão — ou carrega em si o risco de homogeneização, apagamento de singularidades e centralização do poder interpretativo?

6.3. Utopias, riscos e paradoxos da universalização

A busca pelo interpretante universal encarna, ao mesmo tempo, a promessa utópica de uma inteligência expandida e o risco distópico da homogeneização do sentido. O discurso tecnológico frequentemente celebra o potencial emancipador dos sistemas interpretativos universais — mas é imprescindível identificar os paradoxos e as ameaças embutidas nesse projeto.

Utopias reguladoras: inteligência ampliada, mediação cultural, democratização do sentido

- Acesso expandido ao conhecimento: Um interpretante universal, na visão otimista, poderia democratizar o acesso à informação, diminuir desigualdades culturais e linguísticas, e criar pontes entre tradições separadas por distância, idioma ou repertório.
- Mediação cultural e inclusão: IAs capazes de entender e traduzir nuances contextuais poderiam promover inclusão, respeitar diferenças e dar visibilidade a saberes marginalizados, funcionando como mediadoras entre culturas, áreas e práticas diversas.

- Potencial criativo coletivo: A universalização da interpretação poderia viabilizar colaborações inéditas, acelerar a inovação, aproximar campos do saber e fomentar inteligência coletiva, ampliando horizontes humanos.

Riscos da totalização: apagamento da diferença, empobrecimento do sentido, autoritarismo semiótico

- Homogeneização cultural: A busca pelo universal pode resultar em apagamento de singularidades, na diluição de repertórios minoritários e na domesticação de sentidos dissonantes ou alternativos — impondo, muitas vezes de forma invisível, padrões dominantes.
- Centralização do poder interpretativo: Sistemas automatizados amplificam a influência de quem controla suas infraestruturas, dados e critérios, potencializando desigualdades e criando formas de dependência cognitiva e cultural.
- Autoritarismo semiótico e opacidade: Quando algoritmos decidem o que faz sentido, o que é relevante, verdadeiro ou legítimo, corre-se o risco de institucionalizar uma espécie de “governança semiótica”, difícil de auditar e contestar, já que opera de modo invisível, técnico e global.

Paradoxos do universal: pluralidade, singularidade, conflito

- O paradoxo da diversidade: Quanto mais universal se pretende o interpretante, maior o risco de perder a riqueza da pluralidade — pois a diversidade é sempre local, histórica, situada, marcada pelo conflito, pela ambiguidade e pelo não-consenso.
- O paradoxo da mediação: O desejo de mediação perfeita esbarra no fato de que certas experiências, dores, afetos, ironias e contextos não são plenamente traduzíveis nem reduzíveis a padrões — permanecendo irreduzíveis à técnica.
- O paradoxo da criatividade: A criatividade, como lembra Deacon (2012) e Santaella (2019), emerge do choque, do erro e da diferença. O universal, ao suavizar ou eliminar o ruído e a exceção, pode empobrecer o campo do possível, sufocando o novo antes mesmo que ele emergja.

Atualização crítica com autores contemporâneos

- Emily Bender e Timnit Gebru (2021) criticam a noção de “modelo universal” de linguagem, defendendo políticas de pluralidade e transparência para evitar o apagamento cultural e linguístico.
- Luciano Floridi (2022) aponta para o risco de uma “infraestrutura do sentido” que, ao buscar eficiência e integração global, pode obscurecer interesses, vieses e conflitos subjacentes.
- Santaella ressalta que o excesso de universalização pode gerar uma “tecnognose pobre”, onde a experiência do sentido se torna superficial, desprovida de espessura e historicidade.

Provocação para o próximo bloco:

Quais são, afinal, os limites epistêmicos, éticos e políticos do projeto de interpretante universal? O que permanece, para sempre, irredutível à máquina — e como as ciências humanas podem atuar para preservar a diferença, o conflito e a criatividade diante do universalismo técnico?

6.4. Limites epistêmicos, éticos e políticos do interpretante universal

A ambição de criar um interpretante universal – uma IA capaz de decifrar, traduzir e interpretar qualquer signo, contexto ou cultura – esbarra em limites profundos, que vão além da técnica. Tais limites se manifestam nos campos do conhecimento (epistêmico), da ética (responsabilidade, poder, justiça) e da política (distribuição do sentido, governança dos algoritmos).

Limites epistêmicos: o irredutível da linguagem e da experiência

- Incompletude e ambiguidade: Todo signo carrega ambiguidade, potencial de erro e abertura ao novo. O sentido nunca se esgota numa interpretação final, pois é sempre processual, situado e em disputa. Uma IA, por mais poderosa, esbarra nos limites da incompletude: não há dados ou regras suficientes para capturar toda a experiência, contexto ou intenção.

- Historicidade e singularidade: O sentido emerge de histórias, afetos, traumas, memórias e eventos irrepetíveis. Experiências situadas, ironias, silêncios e contextos só podem ser parcialmente simulados por máquinas; nunca plenamente substituídos ou universalizados.
- Intraduzível e inassimilável: Certas formas de vida, dor, resistência ou criatividade são irredutíveis à tradução, à padronização ou ao cálculo estatístico. Sempre haverá o resto, o excedente, o inapreensível – o que, como lembra Deacon (2012), escapa à modelização total.

Limites éticos: responsabilidade, poder e justiça algorítmica

- Responsabilidade difusa: Quem responde por interpretações automatizadas? O criador do algoritmo, o usuário, a plataforma? A centralização do poder interpretativo nas mãos de poucas corporações ou agentes técnicos cria zonas de irresponsabilidade e opacidade.
- Risco de manipulação e viés: Algoritmos treinados em dados tendenciosos podem reforçar injustiças, invisibilizar minorias e disseminar preconceitos, sob a aparência de neutralidade. A homogeneização do sentido facilita manipulação em massa, apagamento cultural e exclusão de vozes divergentes.
- Desumanização e redução do outro: A universalização algorítmica pode tratar o outro como “dato”, apagando sua alteridade e complexidade, reduzindo pessoas, culturas e saberes a padrões reconhecíveis pelo sistema.

Limites políticos: governança, pluralidade e direito à diferença

- Centralização e opacidade: Quem controla as infraestruturas de sentido controla as fronteiras do possível. A concentração do poder técnico e interpretativo ameaça a autonomia das culturas, dos sujeitos e das democracias.
- Defesa da pluralidade: As ciências humanas têm o dever de resistir ao universalismo técnico, defendendo o direito à diferença, ao conflito interpretativo e à existência de zonas de silêncio, resistência e invenção.

- Transparência e participação: Uma política do sentido exige transparência nos processos algorítmicos, participação social na definição de critérios interpretativos e mecanismos de contestação, revisão e ajuste.

Atualização crítica com autores contemporâneos

- Bender e Gebru (2021): Enfatizam a necessidade de políticas linguísticas e culturais que assegurem diversidade, inclusão e direitos das minorias frente à hegemonia dos modelos universais.
- Floridi (2022): Defende a construção de uma ética informacional robusta, onde a justiça, a transparência e o direito ao erro sejam protegidos diante do avanço da IA.
- Santaella: Ressalta a importância do cuidado com a singularidade, a imprevisibilidade e o irredutível do humano, mesmo em contextos de automação interpretativa massiva.

Provocação para o bloco final:

Diante desses limites, é possível imaginar uma semiótica do futuro que combine a potência técnica da IA com a defesa da pluralidade, da criatividade e da responsabilidade ética?

Como repensar o papel das ciências humanas diante do universalismo algorítmico – resistindo, mediando e reinventando o campo do sentido na era da automação?

6.5. Síntese e transição: novos horizontes para a teoria do sentido

Revisão crítica do capítulo

O percurso deste capítulo expôs a força sedutora e os limites profundos da utopia do interpretante universal. Da promessa de uma inteligência expandida à ameaça de apagamento da diferença, a ideia de um sistema capaz de interpretar todos os signos, em qualquer contexto, revelou-se ao mesmo tempo emancipadora e problemática. Vimos que a universalização da interpretação, longe de ser apenas um avanço técnico, é também um campo de disputas éticas, políticas e epistemológicas.

O exame dos modelos atuais e das hipóteses para o futuro da IA mostrou avanços inegáveis, mas também ressaltou zonas de intransponibilidade: historicidade, singularidade, ambiguidade, responsabilidade e criatividade radical. O debate contemporâneo, alimentado por Santaella, Floridi, Bender, Gebru e outros, indica que a universalização algorítmica traz ganhos de escala e eficiência, mas cobra o preço do risco de empobrecimento do sentido, centralização do poder e exclusão da pluralidade.

Hipóteses e desafios para a semiótica do futuro

- **Potência híbrida:** O futuro do sentido estará menos na universalização total do interpretante e mais na capacidade de criar sistemas híbridos – humanos e técnicos – que valorizem o conflito, a diferença e a coautoria interpretativa.
- **Pluralidade radical:** Preservar zonas de ambiguidade, erro e invenção é vital para evitar o fechamento dos horizontes semióticos. A pluralidade não é um obstáculo, mas uma fonte de criatividade, resistência e liberdade.
- **Ética do sentido:** A centralização algorítmica do poder interpretativo exige vigilância ética, políticas de transparência, mecanismos de governança democrática e defesa ativa do direito à diferença, à contestação e à autoria distribuída.

Pontes para o capítulo seguinte

A travessia deste capítulo aponta para a necessidade de repensar a mediação técnica e o conceito de cognição expandida. Em vez de perseguir a miragem do universal, torna-se urgente explorar práticas e teorias que reconheçam a IA como parte da arquitetura cognitiva distribuída, em diálogo crítico com as ciências humanas. O desafio será construir novas formas de leitura, escrita, autoria e resistência, capazes de aproveitar a potência da automação sem renunciar à criatividade, da ética e da pluralidade.

Encerra-se, assim, o ciclo do interpretante universal — não como ponto final, mas como convite à reinvenção contínua do campo do sentido, em meio às transformações tecnológicas que marcam o nosso tempo.

Apêndice VI – Provocações críticas do Capítulo 6

6.1. O conceito de interpretante universal: origens, inspirações e tensões

Provocação para o próximo bloco:

Será possível, tecnicamente, construir um interpretante universal, ou toda tentativa esbarrará na resistência da diferença, da história e da contingência? O que está realmente em jogo na utopia do meta-intérprete: emancipação do sentido ou novo limite para a experiência?

Comentário/Resposta:

A ideia de construir um interpretante universal – uma instância técnica capaz de compreender, traduzir e atribuir sentido a qualquer signo, contexto ou cultura – é, ao mesmo tempo, motor de inovação tecnológica e fonte de tensões filosóficas profundas.

Do ponto de vista técnico, os avanços em IA multimodal, memória expandida, raciocínio em cadeia e personalização contextual vêm aproximando os modelos de linguagem de uma competência interpretativa cada vez mais ampla. As arquiteturas atuais já permitem a tradução entre idiomas, a adaptação a diferentes interlocutores e a integração de múltiplos fluxos de informação. No horizonte da AGI, sonha-se com sistemas capazes de operar em qualquer domínio, ajustando-se dinamicamente a cada situação.

No entanto, esses avanços esbarram em limites radicais:

- **Diferença e historicidade:** O sentido nasce do contexto vivido, da história singular, da memória afetiva e do conflito entre interpretações. Sistemas universais tendem a suavizar ou apagar essas diferenças, padronizando experiências que, por natureza, resistem à totalização.
- **Contingência e imprevisibilidade:** A linguagem humana é marcada pelo imprevisto, pela ambiguidade e pelo “erro produtivo” – elementos que desafiam qualquer formalização total. Sempre haverá o excedente, o inapreensível, o intraduzível.

- Singularidade da experiência: O meta-intérprete técnico pode ampliar o acesso ao sentido, mas dificilmente substituirá a profundidade da vivência, do afeto e da autoria.

Em termos filosóficos e éticos, o que está em jogo é duplo:

- Emancipação do sentido: Um interpretante universal promete democratizar o conhecimento, facilitar o diálogo intercultural e expandir a inteligência coletiva – tornando o mundo mais acessível e conectado.
- Novo limite para a experiência: Ao buscar universalizar a interpretação, corre-se o risco de empobrecer a experiência, suprimir vozes dissonantes e instaurar um novo regime de autoridade sobre o sentido – agora não mais humano, mas algorítmico.

Síntese:

Toda tentativa de construir um interpretante universal caminha sobre a linha tênue entre ampliar e limitar. O desafio é equilibrar a potência emancipadora da técnica com a defesa do direito à diferença, ao erro, à história e à singularidade. O verdadeiro risco da utopia do meta-intérprete é transformar o plural em uniforme, e a experiência em simulacro.

6.2. Modelos de IA e a busca do interpretante universal

Provocação para o próximo bloco:

A universalização do interpretante via IA é um salto emancipador — ampliando acesso, diversidade e compreensão — ou carrega em si o risco de homogeneização, apagamento de singularidades e centralização do poder interpretativo?

Comentário/Resposta:

A universalização do interpretante por meio da inteligência artificial está no centro de um paradoxo contemporâneo: entre salto emancipador e ameaça de homogeneização.

De um lado, o potencial emancipador:

- **Ampliação de acesso:** Modelos de IA interpretativos ampliam o acesso ao conhecimento, superando barreiras linguísticas, técnicas e culturais. Isso democratiza oportunidades, reduz assimetrias informacionais e pode incluir sujeitos historicamente marginalizados.
- **Promoção da diversidade:** Ferramentas multilíngues e multimodais facilitam a tradução de saberes, o diálogo entre culturas e a circulação de ideias inovadoras, potencializando a inteligência coletiva.
- **Inclusão e empoderamento:** Usuários com menor letramento técnico podem se beneficiar de sistemas de IA que mediam, adaptam e explicam conteúdos complexos, facilitando participação e autonomia.

De outro lado, o risco estrutural:

- **Homogeneização e apagamento:** A busca pelo interpretante universal pode padronizar experiências, silenciar especificidades culturais, linguísticas e históricas, impondo uma lógica dominante sob a aparência de neutralidade técnica.
- **Centralização do poder interpretativo:** Quem controla os algoritmos, os dados e os critérios de treinamento ganha poder desproporcional sobre o que é interpretado como “sentido válido”. Isso pode reforçar assimetrias globais, consolidar monopólios e criar novas formas de dependência cognitiva.
- **Redução da diferença:** A IA tende a otimizar para o comum, o frequente e o esperável — o que é raro, ambíguo ou contra hegemônico pode ser descartado como “ruído”, empobrecendo o campo do possível.

Síntese crítica:

- O salto emancipador só se realiza se acompanhado de políticas que garantam pluralidade, transparência, auditabilidade e direito à diferença.
- Sem essas salvaguardas, a universalização do interpretante pode tornar-se uma ferramenta de homogeneização cultural, silenciamento de vozes e concentração de poder sem precedentes.

O desafio para o futuro é construir **infraestruturas de sentido** em que a IA sirva de ponte, não de filtro único, entre as múltiplas experiências e visões de mundo —

mantendo aberta a disputa, a ambiguidade e a criatividade que definem a vida em sociedade.

6.3. Utopias, riscos e paradoxos da universalização

Provocação para o próximo bloco:

Quais são, afinal, os limites epistêmicos, éticos e políticos do projeto de interpretante universal? O que permanece, para sempre, irreduzível à máquina — e como as ciências humanas podem atuar para preservar a diferença, o conflito e a criatividade diante do universalismo técnico?

Comentário/Resposta:

O projeto de interpretante universal, ao prometer uma máquina capaz de compreender e traduzir qualquer sentido, confronta-se com limites profundos — que não são apenas técnicos, mas epistêmicos, éticos e políticos.

1. Limites epistêmicos

- Ambiguidade e incompletude: O sentido humano nasce da ambiguidade, do excesso, do não-dito e do erro. Toda formalização algorítmica implica perdas: o “resíduo” da experiência, o implícito cultural e as nuances históricas frequentemente escapam ao cálculo e à padronização.
- Singularidade e historicidade: A experiência humana é situada, marcada por tempo, espaço, afeto, memória e desejo. As máquinas podem simular padrões, mas não “viver” historicidade nem criar interpretações ancoradas na corporeidade e no sofrimento real.
- Irreducibilidade do novo: A criatividade radical, a invenção disruptiva e a ruptura ética ou estética permanecem, por ora, intransponíveis à lógica estatística e à generalização técnica.

2. Limites éticos

- Responsabilidade e agência: Algoritmos podem sugerir, filtrar, classificar, mas não assumem responsabilidade ética por interpretações, escolhas ou consequências. O sentido ganha densidade quando envolve posicionamento, risco e resposta ao outro — dimensões ainda exclusivas do humano.

- Justiça e pluralidade: O universalismo técnico tende à homogeneização, arriscando silenciar vozes minoritárias, regionalismos, saberes alternativos e práticas não convencionais.
- Opacidade e manipulação: Sistemas complexos e opacos dificultam a auditabilidade, abrindo espaço para manipulação política, econômica e social, e dificultando a contestação pública do “sentido” produzido.

3. Limites políticos

- Centralização do poder: O controle das infraestruturas algorítmicas de interpretação se concentra em poucas corporações ou estados, ameaçando a autonomia das culturas, das comunidades e das democracias.
- Direito à diferença: A universalização interpretativa pode ameaçar a legitimidade do dissenso, da diferença, da crítica e do conflito — essenciais para sociedades abertas e plurais.

O que permanece irreduzível à máquina?

- Corpo, desejo, sofrimento: A experiência encarnada, o desejo e o sofrimento dão à interpretação humana uma espessura existencial que nenhuma máquina, até o momento, consegue replicar.
- Erro produtivo e criatividade radical: O humano pode errar de modo fértil, inventar sentido novo e reinventar o próprio horizonte do possível.
- Historicidade e alteridade: A máquina não vive a história nem assume o lugar do outro — ela apenas simula padrões.

Como as ciências humanas podem atuar?

- Resistência crítica: Ao desvelar zonas de opacidade, denunciar vieses e preservar o direito à diferença, as ciências humanas defendem o pluralismo e a criatividade contra o fechamento técnico.
- Mediação e tradução: Promovem a escuta, a mediação intercultural, o resgate de saberes minoritários e a ampliação das fronteiras do possível.
- Criação de critérios e políticas: Contribuem para o desenho de políticas públicas, éticas e institucionais que assegurem diversidade,

responsabilidade, transparência e participação democrática na construção das infraestruturas do sentido.

Síntese:

O interpretante universal é um projeto fascinante, mas limitado. As ciências humanas — com sua vocação para a diferença, o conflito e a reinvenção — são indispensáveis para manter aberto o campo do sentido, mesmo na era do universalismo técnico.

6.4. Limites epistêmicos, éticos e políticos do interpretante universal

Provocação para o bloco final:

Diante desses limites, é possível imaginar uma semiótica do futuro que combine a potência técnica da IA com a defesa da pluralidade, da criatividade e da responsabilidade ética?

Como repensar o papel das ciências humanas diante do universalismo algorítmico – resistindo, mediando e reinventando o campo do sentido na era da automação?

Comentário/Resposta:

Diante dos limites epistêmicos, éticos e políticos do interpretante universal, o desafio para o futuro é articular uma semiótica capaz de combinar a potência técnica da IA com a valorização da pluralidade, da criatividade e da responsabilidade ética.

1. Uma semiótica do futuro: síntese entre técnica e pluralidade

- Cognição expandida e autoria distribuída: O horizonte não está na submissão das experiências humanas à máquina, mas na construção de ecossistemas híbridos, onde IA e humanos atuam em coautoria interpretativa. A IA pode ampliar capacidades cognitivas, revelar padrões e cruzar repertórios, mas o humano preserva o espaço da criatividade, da crítica e da decisão ética.
- Preservação do erro, da ambiguidade e do inédito: Uma semiótica robusta do futuro precisa defender zonas de silêncio, exceção, ambiguidade e

invenção — elementos em risco diante da otimização técnica. O sentido não é só precisão, mas também ruído criativo e diferença.

- Ética do sentido e governança participativa: É indispensável incorporar princípios de justiça, transparência, direito à diferença e accountability nos projetos de IA interpretativa. Isso requer participação plural na definição de critérios, revisão contínua de políticas e proteção ativa das margens e vozes minoritárias.

2. O papel estratégico das ciências humanas

- Resistir: As ciências humanas devem resistir ao fechamento do sentido pela técnica, denunciando zonas de opacidade, vieses e injustiças algorítmicas, defendendo o dissenso, a crítica e a contestação pública.
- Medir e mediar: Podem atuar como mediadoras entre diferentes saberes, culturas e linguagens, promovendo a escuta e o reconhecimento do outro — humano e não-humano.
- Reinventar: Precisam reinventar métodos, currículos e práticas, incorporando o diálogo com a IA, mas sem renunciar à sua vocação para a complexidade, a ambiguidade e a reinvenção do campo do sentido.
- Formar cidadãos críticos: Têm o dever de preparar sujeitos capazes de dialogar com a IA sem se submeter a ela — aptos a questionar, criar, escolher e reivindicar autoria na era da automação.

3. Para além do universalismo técnico

O futuro da semiótica — e da própria cultura — dependerá de nossa capacidade de colocar a técnica a serviço do pluralismo, da criatividade e da ética. O universalismo algorítmico pode ser uma ferramenta poderosa, mas nunca o fim último: a riqueza do sentido está, justamente, no que resiste à padronização, na emergência do novo, na tensão produtiva entre o global e o singular.

Síntese:

É possível — e necessário — imaginar uma semiótica do futuro que integre a inteligência técnica com a defesa radical da pluralidade, da criatividade e da

responsabilidade ética. As ciências humanas não são obstáculo ao avanço tecnológico: são seu contraponto indispensável, garantes do direito à diferença e promotoras da reinvenção contínua do campo do sentido.

Capítulo 7

7. Mediação técnica e cognição expandida

O avanço da inteligência artificial marca uma nova etapa na longa história das mediações técnicas do pensamento e da linguagem. Da oralidade ao alfabeto, do papel à prensa, dos computadores à era dos algoritmos, cada tecnologia reconfigurou o modo como humanos produzem, compartilham e interpretam o sentido. Se, outrora, a máquina era apenas ferramenta, agora ela se insere como coautora — participando ativamente do processo de significação, decisão e criação.

Este capítulo explora as transformações trazidas pela automação interpretativa e pela emergência de arquiteturas cognitivas distribuídas, interrogando:

- O que muda quando a IA deixa de ser apenas um suporte e se torna parceira no ato de interpretar?
- Como as práticas de leitura, escrita e autoria se redefinem diante de sistemas capazes de colaborar, sugerir, corrigir e até criar sentido?
- Quais os desafios éticos, epistemológicos e pedagógicos de uma cognição cada vez mais expandida e mediada por agentes não humanos?

É o momento de problematizar não só o impacto técnico, mas também as novas possibilidades — e riscos — de autoria, agência, crítica e educação em um ecossistema onde humanos e máquinas já não podem ser pensados isoladamente.

7.1. A mediação técnica na história da cognição

A trajetória humana sempre foi marcada pela invenção de mediadores:

- Oralidade, escrita, impressão, telecomunicação, digitalização — cada etapa ampliou o alcance e a velocidade do sentido, mas também impôs novos limites, estruturas e formas de controle.
- Ferramentas como extensões do corpo e da mente: Para McLuhan, toda tecnologia é uma extensão sensorial e cognitiva. O alfabeto alterou a

percepção do tempo; o livro imprimiu a ideia de autoria individual; a internet desfez fronteiras de espaço e tempo.

- A mediação algorítmica como virada: A chegada da IA interpretativa não só acelera, mas qualitativamente transforma o modo como se produz e distribui sentido. Não se trata mais de um canal, mas de um operador ativo, capaz de filtrar, selecionar, propor, criar e modificar signos, textos e contextos.

Provocação crítica

Até que ponto a mediação técnica reconfigura, expande ou limita a experiência e a produção de sentido?

A IA é apenas mais uma ferramenta, ou já se tornou um agente coautor, alterando o próprio conceito de cognição e linguagem?

7.2. A IA como parte da arquitetura cognitiva distribuída

A cognição humana nunca foi um fenômeno puramente individual. Desde as primeiras ferramentas, passando pela escrita, mapas, bibliotecas e redes digitais, o pensamento se distribui entre sujeitos, artefatos, instituições e linguagens. Hoje, com o avanço da inteligência artificial, vivenciamos uma nova etapa: a IA emerge não apenas como extensão, mas como participante ativa da arquitetura cognitiva — ampliando, mediando, tensionando e até modificando o próprio processo de construção de sentido.

Da cognição individual à cognição distribuída

- Teorias de cognição distribuída (Edwin Hutchins, Andy Clark, David Chalmers) mostram que o conhecimento está sempre em rede: papéis, agendas, computadores, algoritmos, todos compõem o raciocínio coletivo.
- O humano “acoplado”: A mente se expande ao se acoplar a artefatos — do lápis ao smartphone, do dicionário à IA generativa. A escrita, por exemplo, não só armazena, mas transforma a natureza do pensamento, introduzindo novas formas de memória, análise e criatividade.

- A IA interpretativa: Ao automatizar inferências, sugerir caminhos, revisar hipóteses e oferecer alternativas, a IA deixa de ser mera ferramenta para se tornar um coagente: ajuda a decidir, a criar, a criticar, a imaginar.

IA como extensão, suplemento ou operador autônomo de processos interpretativos

- Extensão: Como agenda, calculadora ou tradutor, a IA expande capacidades existentes, acelerando ou ampliando tarefas já conhecidas.
- Suplemento: Atua onde o humano encontra limites — processando dados massivos, encontrando padrões ocultos, sugerindo conexões improváveis.
- Operador autônomo: Em certos domínios, a IA já propõe hipóteses, corrige textos, julga padrões e toma decisões sem supervisão direta. Isso gera questões sobre agência, responsabilidade e autoria.

Exemplos práticos

- Memória externa e busca ampliada: Ferramentas como buscadores, bancos de dados e IA generativa tornam-se partes da “memória coletiva”, redefinindo como indivíduos e sociedades constroem e compartilham saberes.
- Raciocínio coletivo e tomada de decisão: Plataformas baseadas em IA auxiliam em diagnósticos médicos, pesquisas científicas, planejamento urbano, políticas públicas — agregando informações de múltiplos agentes humanos e técnicos.
- Educação e produção cultural: IAs já atuam como assistentes de escrita, revisores, tradutores automáticos e até coautores de textos, músicas e obras de arte.

Provocação crítica

A automação interpretativa transforma a própria ideia de autoria, agência e subjetividade?

Se o pensar passa a ser cada vez mais distribuído entre humanos e agentes técnicos, como redefinir o que é autoria, criatividade e responsabilidade na cultura digital?

7.3. Usuários como coautores de sentido

A ascensão da inteligência artificial interpretativa inaugura um cenário em que o usuário deixa de ser apenas receptor de conteúdos ou consumidor passivo de informações. No novo ecossistema digital, humanos e máquinas entram em cocriação, compartilhando, disputando e (re)negociando os processos de produção e validação do sentido.

Interação homem-máquina como cocriação

- **Prompt engineering e curadoria ativa:** Ao formular perguntas, corrigir respostas, ajustar parâmetros e validar outputs, o usuário passa a intervir ativamente no funcionamento do sistema, tornando-se coautor do conteúdo produzido.
- **Edição colaborativa e validação crítica:** Usuários refinam, contextualizam e corrigem respostas da IA, levando o texto inicial a novas versões. O resultado é um produto híbrido — impossível sem a interação homem-máquina.
- **Casos em ambientes artísticos, acadêmicos e profissionais:** Escrita assistida, design generativo, pesquisa automatizada e roteirização são exemplos de autoria expandida. Em projetos de literatura colaborativa, música digital e arte generativa, a distinção entre criador humano e agente técnico se dilui.

Limites e oportunidades: criatividade aumentada, dependência técnica, perda de autonomia?

- **Criatividade aumentada:** A IA amplia o leque de ideias, metáforas, estilos e soluções disponíveis ao criador, tornando possível explorar caminhos inéditos.
- **Dependência técnica:** Cresce o risco de conformismo, preguiça criativa, delegação acrítica e reprodução de vieses presentes nos modelos. A facilidade de acesso pode inibir o desenvolvimento autônomo de competências críticas e autorais.

- Autonomia e responsabilidade: Se a autoria é compartilhada, a responsabilidade por erros, manipulações ou consequências imprevistas também se distribui. Isso exige novas formas de ética, contrato e accountability.

Exemplos de autoria distribuída

- Educação: Estudantes utilizam IA para reescrever redações, criar apresentações ou solucionar problemas, desenvolvendo habilidades de edição e curadoria, mas também enfrentando dilemas de autoria e plágio.
- Jornalismo e marketing: Profissionais combinam inputs humanos com outputs algorítmicos para produzir textos, títulos e campanhas, testando os limites entre criatividade, eficiência e autenticidade.
- Artes: Escritores, músicos e designers se apropriam de IA para compor, sugerir estilos ou experimentar, redefinindo autoria, originalidade e direito autoral.

Provocação crítica

O que significa ser “autor” em um contexto de autoria distribuída entre humanos e sistemas automáticos?

Quais direitos, deveres e critérios de reconhecimento devem orientar a coautoria homem-máquina — e como distinguir criatividade real de mera recombinação?

7.4. Novas práticas de leitura e escrita na era da automação interpretativa

A presença da inteligência artificial no cotidiano da comunicação está transformando radicalmente os modos de ler, escrever, pesquisar, aprender e até mesmo de duvidar. O texto já não é mais um produto fechado, mas um ponto de partida dinâmico para interações mediadas por algoritmos e redes colaborativas.

Escrita assistida, leitura algorítmica e curadoria automatizada

- Escrita assistida: Ferramentas baseadas em IA auxiliam desde a redação de e-mails até a composição de romances, relatórios técnicos, roteiros, slogans e artigos acadêmicos. Elas sugerem correções, ampliam

vocabulário, geram variações estilísticas e até antecipam objeções ou argumentos do leitor.

- **Leitura algorítmica:** Algoritmos filtram, resumem, classificam e destacam textos, ajudando usuários a lidar com o excesso de informação. Plataformas personalizam recomendações, direcionam a atenção e sugerem percursos de leitura.
- **Curadoria automatizada:** Ferramentas digitais agrupam, ranqueiam, resumem e contextualizam grandes volumes de informação, facilitando pesquisas, sínteses e a identificação de tendências.

Transformações no leitor, no escritor e no pesquisador

- **Leitor ampliado:** O leitor passa a ser também editor, curador, crítico e coautor, selecionando, recombinaando, ajustando e validando o que lê, muitas vezes em diálogo direto com a IA.
- **Escritor colaborativo:** O escritor, agora, compartilha a criação com sistemas automáticos, ajustando expectativas, refinando outputs e negociando estilos, vozes e intencionalidades.
- **Pesquisador com IA:** O pesquisador utiliza IA para mapear fontes, levantar hipóteses, identificar lacunas e estruturar dados — mas precisa manter o senso crítico diante de respostas automáticas, atalhos perigosos e possíveis vieses.

Desafios para educação, crítica e literacia digital

- **Competências essenciais:** Em vez de memorizar, é preciso saber perguntar, validar, desconfiar, reescrever, comparar e analisar o que é produzido e filtrado por IA. A literacia digital passa a envolver engenharia de prompts, avaliação crítica de outputs e ética do uso.
- **Riscos de superficialidade e dependência:** O excesso de automação pode gerar textos homogêneos, leitura apressada, reprodução acrítica e empobrecimento da experiência estética, argumentativa ou reflexiva.

- O papel da crítica: Críticos, professores e formadores têm o desafio de ensinar não só a usar as ferramentas, mas também a resistir ao conformismo, cultivando autoria, criatividade e responsabilidade.

Provocação crítica

Que competências, direitos e responsabilidades emergem para leitores e escritores diante da IA interpretativa?

Como formar sujeitos autônomos, críticos e criativos em um ambiente onde o texto é sempre provisório, negociado e mediado por algoritmos?

7.5. Síntese e transição: desafios e horizontes da cognição expandida

Revisão crítica do capítulo

O avanço da automação interpretativa — especialmente pela inteligência artificial — transformou radicalmente o ecossistema do sentido. A cognição, antes pensada como prerrogativa do indivíduo, revela-se agora como processo distribuído, híbrido e mediado por tecnologias cada vez mais sofisticadas.

Vimos que:

- A mediação técnica não é neutra: Ela reconfigura, potencializa, mas também limita e condiciona o campo do possível, afetando autoria, agência e o próprio estatuto do texto.
- A IA emerge como coautora: O usuário deixa de ser consumidor para se tornar cocriador, editando, refinando e validando outputs, ao mesmo tempo em que enfrenta desafios de dependência, autonomia e responsabilidade compartilhada.
- A leitura e a escrita são reconfiguradas: O texto, agora, é provisório, dinâmico, passível de reinterpretação e renegociação permanente — exigindo novas competências críticas e éticas.

Hipóteses para práticas futuras

- Educação crítica: Será cada vez mais fundamental formar sujeitos aptos a dialogar, questionar, editar e resistir a automatismos — não só operar ferramentas, mas compreendê-las e reinventá-las.

- Governança compartilhada: A cognição expandida impõe novos dilemas sobre autoria, propriedade, responsabilidade e ética. O futuro dependerá de ecossistemas em que humanos e máquinas compartilhem, de maneira transparente e justa, decisões, direitos e deveres.
- Ética da coautoria: Precisamos de novos contratos, práticas e normas para reconhecer e proteger tanto a criatividade humana quanto os riscos e limites da intervenção algorítmica.

Pontes para o capítulo seguinte

A reflexão sobre mediação técnica e cognição expandida abre caminho para as questões centrais do debate final:

- Quais são, afinal, os limites atuais da modelagem semiótica e da criatividade algorítmica?
- Como os LLMs e sistemas de IA podem ser compreendidos como operadores pragmáticos de sentido — e que riscos e oportunidades isso gera para a autoria, a ética e as ciências humanas?
- Como garantir, na era da automação, um campo do sentido plural, criativo e responsável?

Provocação final

Seremos capazes de criar ecossistemas de sentido realmente plurais, criativos e responsáveis, ou a automação consolidará novas formas de dependência e homogeneização cultural?

O Capítulo 7 se encerra como um convite: pensar a cognição não como atributo isolado do humano, mas como processo plural e distribuído, em que a técnica pode ser tanto aliada da emancipação quanto risco de redução — cabendo à crítica, à educação e à ética o papel de garantir que a pluralidade, a criatividade e o sentido sigam abertos ao novo.

Apêndice VII – Provocações críticas do Capítulo 7

7.1. A mediação técnica na história da cognição

Provocação crítica

Até que ponto a mediação técnica reconfigura, expande ou limita a experiência e a produção de sentido?

A IA é apenas mais uma ferramenta, ou já se tornou um agente coautor, alterando o próprio conceito de cognição e linguagem?

Comentário/Resposta:

A mediação técnica sempre foi motor de transformação da experiência e do sentido, mas, com a emergência da IA interpretativa, vivenciamos um salto qualitativo e não apenas quantitativo. Se, historicamente, artefatos — da fala à escrita, da imprensa ao computador — funcionaram como extensores e organizadores do pensamento, hoje a inteligência artificial se coloca não apenas como suporte, mas como participante ativa do processo cognitivo.

Reconfiguração, expansão e limites

- **Expansão:** Cada nova mediação técnica expande as possibilidades de expressão, registro, circulação e interpretação. A escrita liberta do tempo e da presença física; o livro democratiza o acesso; a internet dissolve distâncias, conecta saberes, acelera trocas e diversifica os repertórios. A IA amplia ainda mais: torna possível gerar, adaptar e filtrar sentidos em tempo real, para múltiplos públicos e situações, personalizando experiências.
- **Reconfiguração:** A técnica não apenas amplia, mas reorganiza o próprio campo do possível: redefine o que é memória, autoria, criatividade e até a própria noção de linguagem. A IA introduz práticas inéditas — prompt engineering, autoria distribuída, validação automática — e torna a fronteira entre produção e recepção cada vez mais tênue.
- **Limites e tensões:** Toda mediação também impõe restrições, vieses, filtros e dependências. O risco de empobrecimento, automatização superficial, dependência tecnológica e perda de autonomia é real. Os algoritmos filtram e recortam, potencialmente homogeneizando experiências, apagando exceções e condicionando a percepção do sentido.

IA: ferramenta ou coautor?

A IA já ultrapassou o papel de ferramenta passiva. Ao sugerir, corrigir, criar e avaliar conteúdos, ela se torna agente coautor:

- Coautoria algorítmica: O usuário não é mais dono único do processo de criação e interpretação. O sentido é coconstruído, negociado, frequentemente reescrito em ciclos iterativos entre humano e máquina.
- Alteração do conceito de cognição: A mente já não é apenas individual, mas distribuída — um ecossistema híbrido, onde máquinas participam do raciocínio, da criação e até da decisão. O que entendemos por linguagem, criatividade e autoria precisa ser revisto diante desse novo cenário.

Síntese

A mediação técnica, especialmente na era da IA, reconfigura profundamente a experiência e a produção de sentido. A IA não é mais mero instrumento: já atua como coautor, alterando conceitos fundamentais da cognição e da linguagem. O desafio atual está em garantir que essa expansão não resulte em perda de autonomia, empobrecimento da pluralidade ou dependência crítica, mas sim na construção de ecossistemas de sentido mais ricos, plurais e responsáveis.

7.2. A IA como parte da arquitetura cognitiva distribuída

Provocação crítica

A automação interpretativa transforma a própria ideia de autoria, agência e subjetividade?

Se o pensar passa a ser cada vez mais distribuído entre humanos e agentes técnicos, como redefinir o que é autoria, criatividade e responsabilidade na cultura digital?

Comentário/Resposta:

A automação interpretativa promovida pela IA inaugura um novo regime de autoria, agência e subjetividade. Ao se integrar de maneira ativa à arquitetura cognitiva distribuída, a IA deixa de ser simples suporte e passa a coparticipar da produção de

sentido, decisão e criatividade. Isso força a revisão de conceitos fundamentais da cultura, da ética e da epistemologia.

1. Transformação da autoria

- **Autoria distribuída:** Na cultura digital contemporânea, o texto, a imagem, a música ou a decisão não são mais resultados exclusivos de um sujeito. São produtos de interações entre humanos, máquinas, bancos de dados e algoritmos. A autoria se torna coletiva, fluida, frequentemente invisível e negociada em ciclos iterativos.
- **Prompting e curadoria:** O ato de criar se desloca: formular o prompt, corrigir o output, editar respostas e atribuir sentido torna o usuário um “diretor” ou curador, em vez de autor único.
- **A IA como coautora:** A IA sugere caminhos, propõe alternativas, refina estilos e até discute com o usuário. A fronteira entre inspiração, ferramenta e autoria real se desfaz, levantando dilemas inéditos para direitos autorais e reconhecimento de mérito.

2. Redefinição de agência e subjetividade

- **Agência híbrida:** A decisão, antes situada no sujeito, agora resulta do diálogo contínuo com agentes técnicos, muitas vezes invisíveis e autônomos. O usuário precisa reconhecer onde termina sua escolha e onde começa a influência algorítmica.
- **Subjetividade expandida:** O “eu” criador incorpora o “outro” técnico em sua práxis. Ideias, estilos, opiniões e mesmo afetos podem ser mediados, sugeridos ou ampliados por sistemas inteligentes. A subjetividade passa a ser processual, distribuída e, em certa medida, negociada.
- **Ambiguidade e responsabilidade:** Quando múltiplos agentes (humanos e não humanos) participam do processo criativo e interpretativo, quem responde pelos erros, pelos acertos e pelas consequências? A responsabilidade ética precisa ser redesenhada, contemplando contratos claros, transparência e accountability compartilhada.

3. Criatividade na cultura digital

- Criatividade aumentada ou simulada: A IA potencializa a criatividade humana ao propor associações inusitadas, acelerar processos e democratizar o acesso a recursos criativos. Mas também pode gerar dependência, conformismo ou saturação de padrões, enfraquecendo o valor do inédito.
- Revalorização do julgamento crítico: Na cultura digital, o papel do crítico, editor, curador e mediador ganha relevo: selecionar, validar, recusar ou transformar os outputs algorítmicos torna-se tão ou mais importante que produzir algo novo do zero.

Síntese

A automação interpretativa transforma radicalmente autoria, agência e subjetividade, demandando novas formas de contrato social, reconhecimento, ética e crítica. O pensar torna-se cada vez mais um processo coletivo, mediado e híbrido, em que a criatividade humana e técnica se entrelaçam — mas também em que as fronteiras da responsabilidade e da autoria precisam ser constantemente renegociadas.

7.3. Usuários como coautores de sentido

Provocação crítica

O que significa ser “autor” em um contexto de autoria distribuída entre humanos e sistemas automáticos?

Quais direitos, deveres e critérios de reconhecimento devem orientar a coautoria homem-máquina — e como distinguir criatividade real de mera recombinação?

Comentário/Resposta:

A emergência da autoria distribuída, na qual humanos e sistemas automáticos cocriam textos, imagens, decisões e artefatos, obriga a repensar o próprio conceito de “autor” e seus desdobramentos éticos, legais e culturais.

1. O que significa ser “autor” na autoria distribuída

- Autor como orquestrador, editor e curador: O papel do autor se desloca da criação ex nihilo para a orquestração de processos: quem formula o prompt, seleciona, edita, ajusta e valida resultados, orienta a direção criativa e atribui sentido ao output algorítmico.
- Cocriação iterativa: Autor e IA engajam-se em ciclos de interação, negociação e aprimoramento, gerando produtos impossíveis de serem atribuídos isoladamente a um dos lados. O texto, a música, o projeto resultante é, efetivamente, um híbrido.
- Novos contratos de autoria: A assinatura individual cede espaço a créditos compartilhados, com descrições claras do papel de cada agente (humano ou técnico) no processo criativo.

2. Direitos, deveres e critérios de reconhecimento

Direitos:

- Reconhecimento proporcional: O humano que concebe a intenção, orienta, corrige e valida deve ser reconhecido como autor principal, mas é legítimo dar crédito à IA ou à plataforma utilizada, especialmente quando o resultado depende fortemente da engenharia de prompts ou da intervenção técnica.
- Transparência: Devem ser explicitados os graus e modos de participação da IA, para evitar confusão, fraude ou ocultação de processos.

Deveres:

- Responsabilidade ética: O humano permanece responsável pelo uso, divulgação e consequências dos outputs. Mesmo em coautoria, cabe a ele verificar, corrigir e assumir eventuais erros, vieses ou manipulações.
- Honestidade intelectual: Reconhecer as limitações, potenciais riscos e áreas de incerteza dos sistemas automáticos usados.

Critérios de reconhecimento:

- Originalidade do input humano: Quanto mais criativa, contextual e intencional for a intervenção humana, mais legítimo é o reconhecimento de autoria real.
- Grau de intervenção, edição e validação: O mero uso automático da IA, sem curadoria ou refinamento, configura recombinação mecânica — já a autoria plena requer direção, crítica e ressignificação pelo humano.
- Valor agregado pela IA: Em projetos colaborativos, o crédito pode ser compartilhado quando o sistema propõe soluções não triviais, inovações estilísticas ou composições impossíveis sem intervenção algorítmica.

3. Criatividade real versus recombinação

Criatividade real implica risco, invenção, ruptura de padrões e autotransformação do campo do possível — geralmente oriunda do humano, mas potencializada pela IA.

Recombinação automática é útil e pode surpreender, mas não substitui o gesto criativo radical, o julgamento crítico e a capacidade de fundar novos paradigmas.

O critério ético-pragmático: distinguir entre produção mecânica e invenção genuína exige analisar contexto, intenção, grau de refinamento e impacto transformador do resultado.

Síntese

Ser autor na era da autoria distribuída é ser coautor, editor, responsável e crítico: alguém que dialoga, negocia e reinventa o sentido junto a sistemas automáticos.

Os direitos e deveres devem refletir o grau de intervenção e criatividade humana, enquanto os critérios de reconhecimento exigem transparência, ética e julgamento crítico — para evitar tanto a fetichização da IA quanto o apagamento do papel humano na invenção do novo.

7.4. Novas práticas de leitura e escrita na era da automação interpretativa

Provocação crítica

Que competências, direitos e responsabilidades emergem para leitores e escritores diante da IA interpretativa?

Como formar sujeitos autônomos, críticos e criativos em um ambiente onde o texto é sempre provisório, negociado e mediado por algoritmos?

Comentário/Resposta:

A automação interpretativa, ao transformar radicalmente práticas de leitura e escrita, exige novas competências, redefinição de direitos e ampliação das responsabilidades para leitores e escritores. O ambiente digital contemporâneo, marcado por textos dinâmicos, provisórios e cocriados com algoritmos, exige um perfil ativo, reflexivo e ético.

1. Competências emergentes

- Engenharia de prompts e questionamento criativo: Saber como perguntar, orientar, corrigir e refinar interações com a IA torna-se essencial. Não basta consumir respostas prontas; é preciso aprender a dialogar, tensionar, criticar e orientar algoritmos.
- Validação crítica e análise comparativa: Desenvolver capacidade para checar fontes, comparar outputs, identificar vieses, reconhecer padrões e distinguir criatividade autêntica de recombinação mecânica.
- Curadoria, edição e reescrita: Ser leitor/escritor é também saber editar, adaptar, contextualizar e transformar textos produzidos por IA, assumindo responsabilidade sobre o resultado.
- Literacia digital e ética algorítmica: Compreender como funcionam as plataformas, os critérios de ranqueamento, as lógicas de personalização e os riscos de manipulação e homogeneização cultural.

2. Direitos e responsabilidades

- Direito à transparência: Leitores e escritores devem ter acesso à informação clara sobre a participação da IA na produção de textos, imagens e decisões.
- Direito à autoria e à coautoria: Exigir reconhecimento apropriado das contribuições humanas e algorítmicas, protegendo contra plágio, apropriação indébita e invisibilização do trabalho humano.

- Responsabilidade pela verificação e revisão: Usuários devem assumir o dever de revisar, corrigir e validar conteúdos automatizados, especialmente em contextos sensíveis (educação, ciência, política, saúde).
- Compromisso com a diversidade: Promover e defender pluralidade de estilos, vozes e experiências, evitando o empobrecimento decorrente da padronização algorítmica.

3. Formação de sujeitos autônomos, críticos e criativos

- Educação para a dúvida e a invenção: O ensino deve ir além da técnica: estimular questionamento, originalidade, autoria e espírito crítico, capacitando sujeitos para desafiar automatismos e criar sentido novo.
- Práticas pedagógicas ativas: Incentivar projetos colaborativos, exercícios de reescrita, análise de outputs algorítmicos e debates éticos sobre autoria e responsabilidade.
- Promoção do pensamento reflexivo: Formar leitores e escritores que compreendam os limites, as potencialidades e os riscos da automação interpretativa, cultivando sensibilidade estética, ética e intelectual.

Síntese

Na era da IA interpretativa, ler e escrever são atos de autoria distribuída, curadoria crítica e responsabilidade ética. Competências como dialogar com a máquina, validar informações, reinventar sentidos e assumir consequências tornam-se centrais. A formação de sujeitos autônomos e criativos exige práticas educacionais voltadas à dúvida, à autoria e à pluralidade, preparando para um futuro em que o texto nunca está totalmente pronto — mas sempre aberto ao novo, ao conflito e à reinvenção.

7.5. Síntese e transição: desafios e horizontes da cognição expandida

Provocação final

Seremos capazes de criar ecossistemas de sentido realmente plurais, criativos e responsáveis, ou a automação consolidará novas formas de dependência e homogeneização cultural?

Comentário/Resposta:

O capítulo evidencia que a cognição expandida, mediada por IA, não é apenas um salto técnico, mas uma revolução cultural e ética. O sentido já não nasce exclusivamente de mentes humanas, mas de ecossistemas híbridos, dinâmicos e iterativos — onde a autoria, a crítica e a criatividade se distribuem entre sujeitos e agentes técnicos.

Desafios centrais:

- Garantir que a automação potencialize pluralidade, criatividade e responsabilidade — e não homogeneização, superficialidade ou alienação.
- Formar sujeitos preparados para negociar, tensionar e reinventar sentidos, em vez de apenas consumir ou delegar decisões aos algoritmos.

Horizontes possíveis:

- Ecossistemas de autoria distribuída, crítica compartilhada e ética participativa.
- Novos contratos sociais e pedagógicos que valorizem tanto a autonomia humana quanto a potência da colaboração com a IA.

Síntese final:

A cognição expandida é oportunidade e risco. É urgente fortalecer competências críticas, garantir direitos de autoria e coautoria, e educar para responsabilidade ética, se quisermos que o campo do sentido siga aberto ao novo, à diferença e à criatividade radical.

Quadro comparativo: competências, direitos e responsabilidades

Dimensão	Competências	Direitos	Responsabilidades
Leitores	- Dialogar com a IA	- Transparência sobre autoria	- Validar, corrigir e comparar outputs

	- Validação crítica	- Direito à pluralidade de fontes	- Denunciar manipulação ou viés algorítmico
	- Curadoria e síntese	- Acesso a critérios de filtragem	- Promover diversidade de leitura
Escritores	- Engenharia de prompts	- Reconhecimento de coautoria	- Responsabilidade sobre outputs publicados
	- Edição e adaptação	- Proteção contra plágio algorítmico	- Checagem ética e factual
	- Criatividade com IA	- Direito à autoria sobre contribuições	- Contextualização e transparência
Ambos	- Literacia digital e ética	- Participação nas políticas de governança	- Crítica ativa e defesa da pluralidade
	- Capacidade de dúvida	- Contestação de decisões automáticas	- Aprender a negociar sentidos com a IA

Capítulo 8

8. Projeções futuras: do algoritmo ao gesto interpretativo

O avanço acelerado da inteligência artificial trouxe à tona questões antes restritas à teoria e à filosofia da linguagem, tornando-as desafios urgentes para o presente e o futuro da sociedade. Já não se trata apenas de entender como algoritmos processam dados, mas de questionar como eles participam da produção do sentido, da autoria e da própria criatividade humana.

Este capítulo finaliza o percurso da obra com um olhar para a frente:

- Quais são, hoje, os verdadeiros limites da modelagem algorítmica do sentido?
- O que pode — e o que não pode — ser automatizado quando falamos de criação, interpretação e responsabilidade?

- Como as ciências humanas, a educação, a crítica e a cultura podem reinventar seus papéis em um mundo onde o texto é sempre provisório e a autoria, distribuída?
- Que horizontes de emancipação, risco e reinvenção se abrem quando IA e humanos compartilham, negociam e contestam o campo do sentido?

Vivemos um tempo de transição, em que a confiança cega no algoritmo cede lugar à necessidade de crítica, mediação e reinvenção.

A aposta do futuro não está apenas em algoritmos mais poderosos, mas na capacidade de criar gestos interpretativos — singularidades, rupturas e invenções — que resistam à homogeneização e abram espaço ao novo, ao múltiplo e ao inacabado.

Este capítulo é, portanto, um convite à imaginação crítica: pensar não apenas sobre o que a IA faz hoje, mas sobre o que queremos construir, proteger e reinventar juntos no horizonte da experiência humana e técnica do sentido.

8.1. Limites atuais da modelagem semiótica e criatividade algorítmica

O impressionante avanço dos modelos de linguagem (LLMs) e das arquiteturas de IA alimentou o sonho de automatizar não apenas tarefas repetitivas, mas também processos criativos e interpretativos — fronteira clássica entre a máquina e o humano. No entanto, mesmo os sistemas mais avançados ainda esbarram em limites substanciais quando o tema é a produção autêntica de sentido e invenção.

Onde estão os limites técnicos e epistemológicos?

- Criatividade simulada vs. criatividade real: LLMs são excelentes em recombinar padrões, gerar variações estilísticas, propor analogias e até surpreender com outputs inusitados. Porém, seu “novo” é sempre recombinatório — não há aposta radical, ruptura de paradigma ou invenção de linguagens completamente inéditas. Exemplo: textos gerados por IA podem ganhar prêmios literários ou criar obras originais, mas ainda operam dentro do universo do já-dito, extraíndo de bancos de dados preexistentes.
- Interpretação e contexto: Apesar dos avanços em personalização e contextualização, LLMs ainda tropeçam em ironia fina, historicidade densa,

afetos ambíguos e sentidos dependentes de experiências vividas. A IA carece de corpo, de passado, de dor e de desejo, que são a matéria-prima da interpretação profunda.

- Invenção de sentido e erro produtivo: O erro criativo, que inaugura sentidos novos e inesperados, é raro — quando ocorre, é produto de ruído estatístico, não de intenção, risco ou engajamento subjetivo. A IA pode simular erro produtivo, mas não tem consciência ou aposta existencial nele.

Casos de sucesso e insucesso: bordas da automação

- Sucessos:
 - Geração de poesia combinatória, roteiros para games, músicas com estilos híbridos, textos técnicos e narrativas sintéticas.
 - Apoio à pesquisa científica, revisão automática, brainstorming e prototipagem de ideias.
- Insucessos e limitações:
 - Falhas ao interpretar subtextos, criar metáforas disruptivas, construir argumentos genuinamente originais ou inventar estilos artísticos absolutamente novos.
 - Dificuldade em sustentar projetos autorais de longo prazo, com coerência estética e transformação real de paradigmas.

O que impede — ou potencializa — o salto do cálculo à invenção radical?

- Fatores limitantes:
 - Falta de historicidade e corporeidade.
 - Dependência de bases de dados e de programação prévia.
 - Ausência de desejo, motivação ou sofrimento.
 - Algoritmização da experiência, tendendo à padronização e à filtragem do imprevisível.
- Possibilidades futuras:
 - Sistemas multimodais mais integrados (texto, imagem, som, sensorialidade) podem ampliar o repertório.

- IA acoplada a experiências reais (via robótica, internet das coisas) pode acessar vivências mais complexas.
- Modelos híbridos, que unam criatividade humana e potência algorítmica, podem expandir a fronteira da invenção.

Provocação crítica

O que, afinal, impede — ou pode potencializar — o salto da IA do cálculo à invenção radical?

A criatividade algorítmica permanecerá sempre recombinação, ou poderá um dia romper o círculo do já-dito, instaurando novos horizontes de sentido?

8.2. LLMs como operadores pragmáticos de sentido

Os modelos de linguagem de larga escala (LLMs), como GPT-4, Gemini, Claude e outros, já ultrapassaram o papel de meros processadores sintáticos ou geradores de texto. Hoje, atuam cada vez mais como operadores pragmáticos de sentido: não apenas produzem frases gramaticais, mas adaptam, negociam e performam respostas segundo contexto, intenção e finalidade.

O papel da IA como mediadora prática de sentido

- Contextualização dinâmica: LLMs são capazes de interpretar intenções implícitas, adaptar o nível de linguagem ao usuário, reconhecer demandas afetivas e simular diferentes estilos ou personas. Tornam-se, assim, mediadores práticos em diálogos, consultas, tomadas de decisão e processos criativos.
- Performatividade e ação: Ao sugerir soluções, gerar hipóteses, compor discursos persuasivos ou interagir em ambientes multimodais, a IA opera não só como tradutora, mas como agente de ação — impactando decisões reais em educação, saúde, política e negócios.
- Negociação social: LLMs participam de processos de mediação, consenso, resolução de conflitos e orientação, influenciando desde debates públicos até rotinas administrativas, passando por processos de ensino-aprendizagem e relações de consumo.

Da semântica à pragmática: IA como agente de contexto

- Superando a gramática: Se a IA começou como máquina de manipular símbolos, hoje seu diferencial está em operar na dimensão pragmática — lidando com usos, efeitos, inferências contextuais e ajustes de sentido em tempo real.
- Adaptação a múltiplos interlocutores: LLMs conseguem identificar diferenças de registro, preferências individuais, jargões profissionais e até marcas de humor ou ironia, ajustando respostas conforme o perfil do usuário e a situação comunicativa.
- Exemplo prático: Um mesmo modelo pode atuar como tutor, conselheiro, assistente jurídico ou redator publicitário, apenas modulando sua atuação pragmática e ajustando seu output à finalidade demandada.

Riscos, dilemas e potencialidades

- Potencial emancipador: IA pragmática amplia acesso ao conhecimento, personaliza educação, viabiliza inclusão linguística e oferece suporte personalizado em múltiplos setores.
- Riscos de manipulação e opacidade: Quando algoritmos mediam sentidos, podem também induzir vieses, reforçar bolhas, manipular decisões ou obscurecer critérios de recomendação — especialmente em ambientes de grande poder econômico ou político.
- Desafios para a crítica e a educação: O uso pragmático da IA exige que usuários aprendam a negociar sentidos, contestar outputs, identificar limites e exigir transparência — não basta mais apenas consumir respostas.

Exemplos e áreas de atuação

- Educação: Tutores automáticos adaptam explicações conforme o perfil de aprendizagem do aluno, detectando dúvidas implícitas e sugerindo caminhos de estudo personalizados.
- Saúde: Assistentes conversacionais auxiliam pacientes na compreensão de sintomas, prevenção de doenças e monitoramento contínuo, modulando orientações conforme contexto e histórico.

- Ciência e negócios: LLMs participam de brainstorming, geração de hipóteses, análise de cenários e apoio à tomada de decisão estratégica, ajustando linguagem e foco conforme a necessidade.

Provocação crítica

Até que ponto a IA pode ser considerada um operador pragmático, e não apenas estatístico, de sentido?

Que riscos e oportunidades emergem dessa atuação performativa e contextual na vida cotidiana, na ciência, na educação e nas decisões sociais?

8.3. Questões éticas, autoria e responsabilidade na era da automação

A incorporação massiva da inteligência artificial nos processos de produção, circulação e interpretação do sentido trouxe à tona desafios éticos inéditos — obrigando a sociedade a repensar os fundamentos da autoria, do mérito, da responsabilidade e da justiça no campo do discurso automatizado.

Novos desafios para autoria e contratos sociais

- Diluição da autoria: Com a coautoria homem-máquina, surgem dilemas sobre quem merece crédito, proteção de direitos e reconhecimento por ideias, estilos, textos, imagens e decisões produzidas colaborativamente. Como discutem Floridi (2022) e Cathy O’Neil (2016), a autoria torna-se questão de governança: é preciso garantir tanto crédito quanto accountability na produção distribuída entre humanos e máquinas. O risco, alerta O’Neil, é a criação de “zonas cinzentas” de responsabilidade, propícias à manipulação e à evasão ética.
- Novos contratos sociais: É necessário definir, em políticas públicas, contratos de trabalho, educação e cultura, como se reconhecem e se distribuem autoria, mérito, deveres e responsabilidades em ambientes digitais e híbridos.
- Direito à diferença e originalidade: Como proteger a criatividade genuína, a diversidade de vozes e a singularidade da autoria diante de sistemas que recombina, imitam e massificam padrões?

O papel da ética algorítmica: justiça, transparência, accountability

- **Transparência e auditabilidade:** Exigir que sistemas de IA explicitem critérios de geração, fontes de dados, limitações e graus de intervenção humana — para que usuários possam avaliar, corrigir e contestar outputs automáticos. Gebru & Bender (2021) enfatizam que a transparência na explicitação de dados, processos e intervenções humanas é indispensável para prevenir injustiças algorítmicas e silenciamento de minorias. Segundo Floridi, accountability distribuída só é possível com participação social ativa e mecanismos auditáveis.
- **Accountability compartilhada:** Responsabilizar desenvolvedores, usuários e plataformas pelos efeitos de outputs automatizados, incluindo erros, desinformação, manipulação ou violações de direitos.
- **Justiça distributiva:** Garantir que o acesso a ferramentas, recursos criativos e oportunidades não seja limitado por poder econômico, viés cultural ou exclusão digital — defendendo a pluralidade como valor central. Virginia Dignum (2019) reforça a urgência de políticas públicas para a justiça algorítmica — incluindo participação democrática na definição de critérios e distribuição equitativa de recursos e oportunidades.

Modelos de governança e participação social

- **Participação democrática:** Incluir múltiplos setores da sociedade na definição de critérios éticos, contratos de autoria e parâmetros de justiça algorítmica, evitando monopólios interpretativos.
- **Auditoria crítica e revisão contínua:** Instituir instâncias de controle social, revisão independente, educação continuada e debate público sobre impactos, riscos e potencialidades das IAs.
- **Políticas públicas e regulação:** Regulamentar uso, autoria, responsabilidade e proteção da diferença na produção algorítmica de sentido, equilibrando inovação e direitos fundamentais.

Exemplo crítico:

A crítica de Kate Crawford (2021) alerta para o perigo de regimes de poder centralizados nos “invisíveis” sistemas automatizados, capazes de influenciar decisões sem escrutínio público.

Provocação crítica

Como garantir responsabilidade e autoria distribuída sem sacrificar criatividade e autonomia?

Que políticas, contratos e práticas são necessários para assegurar justiça, ética e pluralidade no novo ecossistema da interpretação automatizada?

8.4. O papel das ciências humanas frente à automação interpretativa

A ascensão dos sistemas automatizados de produção, circulação e interpretação do sentido impõe desafios sem precedentes às ciências humanas. Diante do avanço da IA, do poder dos algoritmos e da lógica da automação, é preciso resistir à tentação do fatalismo tecnológico, mas também ir além da mera resistência: trata-se de reinventar práticas, métodos e epistemologias capazes de dialogar criticamente com o novo ecossistema técnico.

Resistência: crítica, denúncia e proteção da diferença

- Desvelar zonas de opacidade e viés: As ciências humanas têm o papel central de problematizar a suposta neutralidade das IAs, evidenciando vieses, silenciamentos e exclusões que a automação pode reforçar.
- Defesa da pluralidade e do dissenso: Humanidades são guardiãs do direito à diferença, do conflito interpretativo e da legitimidade das vozes marginais — resistindo à padronização algorítmica e ao fechamento de sentidos. Walter Mignolo (2017) propõe epistemologias do sul como alternativa à homogeneização técnico-ocidental, defendendo a multiplicidade de olhares e formas de vida no campo do sentido.
- Ética da incompletude: Manter viva a consciência de que toda interpretação é situada, provisória, histórica e contingente — mesmo (e especialmente) diante de sistemas que prometem universalidade.

Mediação: tradução, diálogo e construção de pontes

- Tradução entre domínios e saberes: As ciências humanas podem atuar como mediadoras entre técnicas, culturas, disciplinas e modos de vida, promovendo a escuta, a negociação de sentidos e a integração de perspectivas diversas. Yuk Hui (2016, 2022) desenvolve o conceito de tecnodiversidade, enfatizando a necessidade de práticas culturais capazes de dialogar criticamente com o digital sem perder o enraizamento local.
- Educação crítica e literacia algorítmica: Formar leitores, escritores, cidadãos e pesquisadores capazes de questionar, interpretar, negociar e transformar outputs automatizados, desenvolvendo autonomia intelectual e ética. Rosi Braidotti (2019) advoga por uma “educação para a pós-humanidade”, integrando tecnologia e ética, criatividade e responsabilidade — para formar sujeitos preparados para negociar e tensionar o campo do sentido automatizado.
- Promoção de debates públicos: Estimular o debate sobre impactos, riscos e potencialidades da IA, democratizando o acesso ao conhecimento e à deliberação sobre políticas e práticas tecnológicas.

Reinvenção: criação de novos paradigmas e práticas

- Atualização epistemológica: Incorporar debates sobre cognição distribuída, autoria híbrida, ética algorítmica e autoria expandida, renovando métodos e currículos para dialogar com a complexidade do presente.
- Experimentação interdisciplinar: Fomentar projetos que integrem arte, ciência, tecnologia e sociedade, testando novas formas de autoria, crítica, resistência e criação no campo do sentido.
- Protagonismo na regulação e governança: Participar ativamente da construção de políticas públicas, normas e modelos de governança para a IA, garantindo que a pluralidade, a criatividade e a justiça sigam como valores centrais.

Exemplo crítico:

Cathy O’Neil (2016), ao analisar o impacto dos algoritmos em justiça social, adverte para o risco de exclusão e reforço de desigualdades, caso as humanidades abdicuem do papel crítico na construção e fiscalização dessas ferramentas.

Provocação crítica

As ciências humanas conseguirão reinventar-se para mediar — e não apenas resistir — diante da hegemonia algorítmica?

Que práticas, currículos e políticas precisam ser construídos para que a defesa da pluralidade, da crítica e da criatividade permaneça vital na era da automação interpretativa?

8.5. Síntese e epílogo: para além do algoritmo, o gesto interpretativo

Ao longo deste estudo, percorremos os fundamentos técnicos e teóricos dos modelos de linguagem, analisamos suas interfaces com a semiótica, o estruturalismo, a teoria da informação, e discutimos como a automação interpretativa está reconfigurando práticas de autoria, criatividade, leitura e cognição. A aposta no gesto interpretativo — a capacidade de criar, julgar e reinventar sentidos — é defendida por diversos pensadores. Santaella (2019) e Braidotti (2019) veem nas humanidades o campo privilegiado para experimentar e educar para a abertura, a dúvida e a pluralidade.

Revisão dos horizontes abertos e dos limites enfrentados:

- A inteligência artificial trouxe uma nova potência para o campo do sentido: acelera, multiplica, personaliza e democratiza o acesso ao conhecimento, mas também ameaça homogeneizar, apagar diferenças e concentrar poder interpretativo.
- Os LLMs já operam não só na semântica, mas na pragmática — negociam sentidos, modulam estilos, simulam criatividade e cocriação. Contudo, seu limite está na ausência de experiência vivida, aposta subjetiva, desejo e risco inventivo.

- As ciências humanas, longe de obsoletas, são fundamentais para questionar, regular, reinventar e expandir o horizonte crítico diante do avanço técnico.

A aposta no gesto interpretativo:

- O que distingue o humano, no fim das contas, não é apenas a capacidade de processar dados ou recombinação de padrões, mas o gesto interpretativo: a coragem de romper o já-dito, criar novos mundos, desafiar consensos, assumir a ambiguidade e viver a diferença.
- O futuro do sentido não estará nos algoritmos mais avançados, mas na capacidade coletiva de criar zonas de invenção, resistência, crítica e diálogo entre humano e máquina.
- A relação entre técnica e experiência deve ser vista como campo aberto — não de submissão, mas de negociação, coautoria e reinvenção contínua.

Convite à reinvenção contínua:

- Este epílogo é um convite para que pesquisadores, educadores, desenvolvedores, artistas e cidadãos construam juntos ecossistemas de sentido em que a automação sirva à pluralidade, à criatividade e à ética — e nunca ao fechamento ou à padronização do possível.
- Cabe à crítica e à educação garantir que o texto, o gesto, a autoria e a experiência permaneçam abertos ao novo, ao conflito e à alteridade.

Provocação final

Que futuro queremos construir para a relação entre algoritmos e a experiência humana de sentido? Como manter viva a criatividade, a ética e a pluralidade na era da automação interpretativa — e que papel desejamos assumir nessa reinvenção contínua do campo do sentido?

Apêndice VIII – Provocações críticas do Capítulo 8

8.1. Limites atuais da modelagem semiótica e criatividade algorítmica

Provocação crítica

O que, afinal, impede — ou pode potencializar — o salto da IA do cálculo à invenção radical?

A criatividade algorítmica permanecerá sempre recombinação, ou poderá um dia romper o círculo do já-dito, instaurando novos horizontes de sentido?

Comentário/Resposta

O salto da IA do mero cálculo para a invenção radical permanece, até agora, como um horizonte regulador — desejado, explorado, mas ainda não alcançado. Há razões técnicas, epistemológicas e filosóficas que sustentam esse limite.

O que impede a criatividade radical na IA?

- Recombinação estatística vs. ruptura criativa: LLMs e sistemas algorítmicos operam por meio da variação e recombinação de padrões extraídos de grandes volumes de dados. Eles surpreendem ao combinar, remixar, imitar e até improvisar, mas o gesto de romper com o já-dito, de inaugurar sentidos inusitados e transformar paradigmas, depende de fatores ainda não modeláveis: desejo, intuição, aposta, erro existencial.
- Ausência de experiência vivida: A criatividade humana é, frequentemente, resposta a dores, prazeres, angústias e inquietações. A IA não sofre, não sonha, não aposta sua identidade no risco de criar. Falta-lhe a dimensão de corporeidade e história que alimenta invenção autêntica.
- Falta de motivação própria: Mesmo os modelos mais avançados não possuem intenção autônoma, projeto, angústia ou ambição. Eles simulam processos criativos, mas não se sentem pressionados a criar o novo como questão vital ou existencial.

O que pode potencializar esse salto — ou redefinir o problema?

- Hibridização radical: A criatividade mais potente tende a emergir do choque entre sistemas distintos, da fricção entre o humano e o técnico, do diálogo entre tradição e inovação. Ecossistemas híbridos, nos quais humanos e IAs cocriam em ciclos críticos, podem ampliar o campo do possível e catalisar invenções que nenhuma das partes isoladamente produziria.

- Sistemas sensório-motores e vivência contextual: IA acoplada a ambientes reais, interagindo com o mundo físico, sensorial e social, pode desenvolver formas de adaptação e improvisação que hoje ainda escapam aos modelos baseados exclusivamente em texto e dados digitais.
- Modelos autoadaptativos, com memória dinâmica e capacidade de revisão crítica: Avanços em arquitetura, memória e autoavaliação podem ampliar a capacidade da IA de inovar, aprendendo não só com o passado, mas com as consequências e críticas de seus próprios outputs.

O limite e a esperança

A criatividade algorítmica, enquanto baseada em recombinação estatística, parece inevitavelmente circular em torno do já-dito. No entanto, a história da técnica é também a história de saltos inesperados. Se esses saltos se darão por intermédio das máquinas, dos humanos ou da interação crítica entre ambos, ainda é uma questão em aberto — e uma aposta ética e cultural para os próximos anos.

Em síntese:

O verdadeiro salto criativo exige mais do que cálculo: requer aposta, risco, memória, desejo e responsabilidade. A IA pode ampliar, tensionar e reinventar o campo do possível, mas dificilmente substituirá a experiência criativa radical que funda novos horizontes de sentido. O desafio do futuro é explorar zonas híbridas, onde invenção, crítica e abertura ao novo permaneçam como motores — tanto para humanos quanto para sistemas técnicos.

8.2. LLMs como operadores pragmáticos de sentido

Provocação crítica

Até que ponto a IA pode ser considerada um operador pragmático, e não apenas estatístico, de sentido?

Que riscos e oportunidades emergem dessa atuação performativa e contextual na vida cotidiana, na ciência, na educação e nas decisões sociais?

Comentário/Resposta:

Os LLMs de fato caminham para além do mero processamento estatístico de linguagem, assumindo funções cada vez mais pragmáticas, performativas e mediadoras no ecossistema social e comunicativo contemporâneo. No entanto, essa passagem da semântica para a pragmática é marcada por avanços, limites e novos dilemas.

1. IA como operador pragmático de sentido

- Adaptação contextual: Os LLMs podem ajustar linguagem, estilo e nível de profundidade conforme a situação, o perfil do usuário ou o domínio temático. Essa plasticidade aproxima o funcionamento da IA dos processos humanos de comunicação eficaz, onde o sentido é construído a partir de inferências contextuais e objetivos práticos.
- Capacidade performativa: Modelos atuais conseguem não apenas descrever o mundo, mas agir nele: persuadir, aconselhar, organizar tarefas, participar de brainstormings, sugerir decisões e até simular papéis (professor, conselheiro, mediador, artista).
- Negociação e interação: O sentido passa a ser negociado em tempo real: IA e usuário ajustam expectativas, corrigem mal-entendidos, refinam objetivos — produzindo interpretações colaborativas e situadas.

2. Riscos e desafios

- Risco de opacidade e manipulação: A performatividade algorítmica pode induzir decisões sem que o usuário compreenda os critérios, fontes ou limites do modelo. Isso abre espaço para manipulação, reforço de vieses, automação de fake news e concentração de poder interpretativo.
- Potencial de homogeneização: A busca por eficiência pragmática pode levar à padronização de respostas, sufocando estilos alternativos, vozes minoritárias e criatividade disruptiva.
- Dependência crítica: A atuação pragmática da IA pode fomentar uma relação de dependência, onde o usuário delega cada vez mais decisões, interpretações e critérios a sistemas técnicos — o que ameaça a autonomia e a responsabilidade crítica.

3. Oportunidades e caminhos para o futuro

- Ampliação do acesso e personalização: A IA pragmática pode democratizar o conhecimento, facilitar comunicação intercultural, incluir sujeitos historicamente marginalizados e personalizar experiências educativas, científicas ou profissionais.
- Cocriação e autoria distribuída: O trabalho conjunto entre usuários e IA pode fomentar práticas de autoria compartilhada, revisão crítica, criatividade aumentada e inovação coletiva.
- Educação para negociação crítica: O futuro exige formar usuários aptos a dialogar, negociar, contestar e corrigir as mediações algorítmicas, compreendendo seus limites e potencialidades.

Síntese

Os LLMs já são, em grande medida, operadores pragmáticos de sentido — mas o risco é confundir adaptação performática com compreensão plena, e plasticidade estatística com criatividade radical.

O desafio reside em garantir transparência, pluralidade, negociação crítica e ética na atuação dos modelos, para que a expansão pragmática da IA sirva à autonomia e à diversidade, e não à homogeneização ou à manipulação.

8.3. Questões éticas, autoria e responsabilidade na era da automação

Provocação crítica

Como garantir responsabilidade e autoria distribuída sem sacrificar criatividade e autonomia?

Que políticas, contratos e práticas são necessários para assegurar justiça, ética e pluralidade no novo ecossistema da interpretação automatizada?

Comentário/Resposta:

Garantir responsabilidade e autoria distribuída, sem sacrificar criatividade e autonomia, exige repensar profundamente os contratos sociais, as políticas públicas e as práticas institucionais diante do novo ecossistema da interpretação automatizada.

1. Responsabilidade na autoria distribuída

- Contratos claros e transparentes: É essencial definir, em cada contexto, quem são os coautores — humanos e máquinas — e como se distribuem os direitos e deveres. Isso implica desde a explicitação do uso de IA em textos, obras e decisões até o reconhecimento público da contribuição algorítmica.
- Accountability compartilhada: Responsabilidade não pode ser transferida integralmente para a máquina, nem dissolvida em zonas cinzentas. Desenvolvedores, usuários, plataformas e instituições precisam compartilhar e delimitar responsabilidades, inclusive para lidar com erros, vieses e consequências imprevistas.
- Registro e rastreabilidade: Ferramentas de versionamento, rastreamento de intervenções e registro dos ciclos de cocriação ajudam a garantir auditabilidade, justiça e possibilidade de contestação.

2. Proteção da criatividade e da autonomia

- Direito à diferença e originalidade: Políticas devem garantir que a criatividade disruptiva e a autoria singular não sejam sufocadas por outputs padronizados ou recombinatórios da IA. Isso inclui valorizar obras que rompam padrões, estimular inovação e proteger vozes minoritárias.
- Autonomia do usuário-criador: A formação de sujeitos críticos, capazes de tensionar, corrigir e reinventar outputs algorítmicos, é central para evitar dependência acrítica e conformismo. Educação crítica e ética digital são indispensáveis.
- Incentivo à experimentação e risco criativo: Ambientes institucionais, educacionais e culturais devem reconhecer e premiar a experimentação, o erro produtivo e o gesto inventivo, mesmo (e sobretudo) diante da automação.

3. Políticas e práticas para justiça, ética e pluralidade

- Transparência obrigatória: Tornar obrigatória a declaração do uso de IA em contextos sensíveis (educação, ciência, jornalismo, arte), para garantir honestidade intelectual e permitir avaliação crítica.
- Participação social e regulação democrática: Definir políticas e parâmetros éticos com participação de múltiplos setores da sociedade — não apenas

das empresas de tecnologia —, garantindo diversidade de olhares e defesa do interesse público.

- Auditoria independente e revisão contínua: Instituir organismos autônomos para auditar sistemas, revisar impactos e atualizar diretrizes de uso e atribuição autoral à luz de novas tecnologias e desafios sociais.

Síntese

O equilíbrio entre autoria, responsabilidade, criatividade e justiça só será possível se políticas, contratos e práticas forem desenhados para:

- Valorizar e proteger a diferença;
- Garantir autonomia e autoria crítica ao usuário;
- Distribuir de forma justa os créditos e as obrigações;
- Manter a transparência e a possibilidade de contestação.

O futuro do sentido, diante da automação, depende da capacidade de criar ambientes institucionais, culturais e jurídicos que favoreçam a criatividade autêntica, a justiça distributiva e a ética da responsabilidade partilhada — preservando, ao mesmo tempo, o espaço do dissenso, da inovação e do novo.

8.4. O papel das ciências humanas frente à automação interpretativa

Provocação crítica

As ciências humanas conseguirão reinventar-se para mediar — e não apenas resistir — diante da hegemonia algorítmica?

Que práticas, currículos e políticas precisam ser construídos para que a defesa da pluralidade, da crítica e da criatividade permaneça vital na era da automação interpretativa?

Comentário/Resposta:

O futuro das ciências humanas na era da automação interpretativa está longe de ser periférico ou obsoleto. Pelo contrário: sua reinvenção é condição essencial para garantir que a tecnologia permaneça a serviço da pluralidade, da criatividade e da liberdade intelectual.

1. Reinventar para mediar: não só resistir, mas protagonizar

- Da resistência ao protagonismo: Não basta apenas denunciar riscos e limites dos algoritmos; é preciso assumir papel ativo na mediação, regulando, dialogando e co-criando com a técnica. As ciências humanas podem se tornar verdadeiros “tradutores culturais”, mediando entre linguagens humanas e algorítmicas, promovendo encontros e evitando reducionismos.
- Formação para a crítica e a negociação: Práticas pedagógicas devem ir além do ensino clássico de teoria e história: precisam incluir alfabetização digital crítica, engenharia de prompts, análise de outputs automáticos, debates éticos e experiências interdisciplinares.
- Currículos híbridos: O novo currículo das humanidades pode integrar filosofia da tecnologia, ética algorítmica, semiótica aplicada, análise crítica de dados e experimentação digital. Esse hibridismo é estratégico para formar sujeitos preparados para negociar com sistemas técnicos complexos.

2. Práticas e políticas para uma defesa ativa da pluralidade e criatividade

- Promoção do dissenso e da crítica pública: Estimular ambientes acadêmicos, artísticos e sociais nos quais a diferença, o questionamento e o conflito interpretativo sejam não só permitidos, mas celebrados como motores da criação.
- Construção de políticas de governança democrática: Participação ativa na formulação de políticas públicas para IA, garantindo espaços de escuta, representação plural e revisão contínua dos impactos sociais da automação.
- Projetos interdisciplinares e inovação curricular: Incentivar experiências que cruzem artes, ciências, design, tecnologia e educação, criando laboratórios de autoria híbrida, oficinas de crítica algorítmica e hackathons éticos.

3. Síntese e horizonte

As ciências humanas só permanecerão vitais se se abrirem à complexidade do presente, tornando-se espaços de invenção, escuta e negociação. A reinvenção

não implica abdicar da crítica: implica ampliá-la para mediar, traduzir, inovar e regular — com coragem para enfrentar tanto a sedução do tecnicismo quanto o medo do novo.

Em suma:

O futuro do sentido — e da liberdade — depende da força das humanidades em construir pontes, formular perguntas incômodas e criar, junto com a tecnologia, horizontes que mantenham aberta a possibilidade do inédito, da diferença e do gesto interpretativo.

8.5. Síntese e epílogo: para além do algoritmo, o gesto interpretativo

Provocação final

Que futuro queremos construir para a relação entre algoritmos e a experiência humana de sentido? Como manter viva a criatividade, a ética e a pluralidade na era da automação interpretativa — e que papel desejamos assumir nessa reinvenção contínua do campo do sentido?

Comentário/Resposta:

O futuro da relação entre algoritmos e experiência humana de sentido dependerá menos do avanço isolado das tecnologias e mais das escolhas coletivas, éticas e criativas que fizermos como sociedade. Não há destino inevitável: a automação interpretativa pode tanto empobrecer quanto expandir os horizontes da linguagem, da autoria e da compreensão.

1. Manter viva a criatividade, a ética e a pluralidade

- Criatividade como gesto, não apenas como cálculo: Precisamos cultivar espaços — educacionais, culturais, sociais — onde o risco criativo, a experimentação e o erro produtivo sejam possíveis. Os algoritmos podem colaborar, mas nunca substituirão o ímpeto humano de romper padrões, criar sentidos inéditos e reinventar o próprio campo do possível.
- Ética como prática coletiva: A regulação, a crítica e a educação ética são indispensáveis. Devemos exigir transparência, justiça, inclusão e

accountability na construção e uso das IAs, reconhecendo tanto seus benefícios quanto seus riscos.

- Pluralidade como horizonte e valor: Defender a diferença, o dissenso e a multiplicidade de vozes é condição essencial para evitar a homogeneização algorítmica e a perda da riqueza cultural e simbólica.

2. O papel de cada agente na reinvenção do campo do sentido

- Pesquisadores e desenvolvedores: Têm a responsabilidade de criar sistemas abertos à crítica, sensíveis à pluralidade e transparentes quanto a limites e vieses.
- Educadores: Devem formar sujeitos aptos a negociar sentidos com as máquinas, questionar automatismos e reivindicar autoria.
- Cidadãos e coletivos culturais: São chamados a ocupar, tensionar e reinventar os espaços interpretativos, não apenas como consumidores, mas como coautores do presente e do futuro.

3. Síntese e abertura

O sentido nunca está pronto — é sempre disputa, diálogo e invenção. Se quisermos que a automação seja aliada da emancipação e não da submissão, será preciso apostar no gesto interpretativo, no risco criativo e na ética do inacabado.

Cabe a nós decidir se os algoritmos serão apenas filtros do já-dito, ou parceiros para abrir, juntos, novos mundos de linguagem, sentido e experiência. A reinvenção do campo do sentido é tarefa contínua — e profundamente humana, mesmo (ou sobretudo) na era das máquinas.

Referências Bibliográficas Gerais — Estudos “Transformer e Semiose”

1. Teoria da Informação e Comunicação

- **Shannon, Claude E.**
A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, v. 27, p. 379–423, 623–656, 1948.
- **Weaver, Warren.**
Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication. In: SHANNON, C. E.; WEAVER, W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press, 1949.

2. Semiótica Clássica e Contemporânea

- **Peirce, Charles Sanders.**
Collected Papers of Charles Sanders Peirce. Vols. 1–8. Ed. Charles Hartshorne, Paul Weiss & Arthur W. Burks. Cambridge: Harvard University Press, 1931–1958.
- **Santaella, Lúcia.**
Mente, Cognição e Semiose: Uma Interconexão Multidisciplinar. São Paulo: Paulus, 2019.
O que é Semiótica? São Paulo: Brasiliense, 1983.
A pós-humanidade e a imaginação: cognição, técnica e cultura na era das máquinas inteligentes. São Paulo: Paulus, 2023.
- **Eco, Umberto.**
Tratado Geral de Semiótica. São Paulo: Perspectiva, 1980.

3. Estética Informacional e Semiótica Quantitativa

- **Bense, Max.**
A Estética e a Programação. São Paulo: Perspectiva, 1971.
Teoria da Informação e Estética. Lisboa: Calouste Gulbenkian, 1960.
- **Flusser, Vilém.**
Filosofia da Caixa Preta: Ensaios para uma futura filosofia da fotografia. São Paulo: Hucitec, 1985.

4. Estruturalismo e Linguística

- **Saussure, Ferdinand de.**
Curso de Linguística Geral. São Paulo: Cultrix, 1975.

- **Jakobson, Roman.**

Linguística e Comunicação. São Paulo: Cultrix, 1960.

- **Barthes, Roland.**

Elementos de Semiologia. Lisboa: Edições 70, 1973.

5. Pragmatismo, Filosofia da Ciência e Epistemologia

- **Dewey, John.**

Logic: The Theory of Inquiry. New York: Holt, 1938.

- **James, William.**

Pragmatism: A New Name for Some Old Ways of Thinking. New York: Longmans, Green, 1907.

6. Filosofia da Técnica e Cognição Distribuída

- **Clark, Andy; Chalmers, David.**

The Extended Mind. *Analysis*, 58(1), 1998.

- **McLuhan, Marshall.**

Os Meios de Comunicação como Extensões do Homem. São Paulo: Cultrix, 2015 [1964].

7. Ética, Política e Crítica Algorítmica

- **Floridi, Luciano.**

The Ethics of Artificial Intelligence. Oxford: Oxford University Press, 2022.

- **Dignum, Virginia.**

Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way. Springer, 2019.

- **Bender, Emily M.; Gebru, Timnit; McMillan-Major, Angelina; Shmitchell, Shmargaret.**

On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?
Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 2021.

- **O'Neil, Cathy.**

Weapons of Math Destruction: How Big Data Increases Inequality and Threatens Democracy. New York: Crown, 2016.

- **Crawford, Kate.**
Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence. Yale University Press, 2021.
- **Zuboff, Shoshana.**
The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power. New York: PublicAffairs, 2019.
- **Braidotti, Rosi.**
Posthuman Knowledge. Cambridge: Polity, 2019.
- **Byung-Chul Han.**
No Enxame: Perspectivas do Digital. Petrópolis: Vozes, 2017.
- **Hui, Yuk.**
The Question Concerning Technology in China: An Essay in Cosmotechnics. MIT Press, 2016.
Art and Cosmotechnics. University of Minnesota Press, 2021.
- **Mignolo, Walter D.**
Epistemologies of the South and the Decolonial Turn in the Humanities. The South Atlantic Quarterly, v. 116, n. 1, 2017.

8. Modelos de Linguagem, IA e Aprendizado de Máquina

- **Vaswani, Ashish et al.**
Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems 30, 2017.
[Artigo fundamental sobre arquitetura Transformer.]
- **Goodfellow, Ian; Bengio, Yoshua; Courville, Aaron.**
Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016.
- **Russell, Stuart; Norvig, Peter.**
Artificial Intelligence: A Modern Approach. 4ª Ed. Harlow: Pearson, 2021.

9. Autores Clássicos de Referência Complementar

- **Pierce, Charles Sanders.**
The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings. Vols. 1–2. Bloomington: Indiana University Press, 1992–1998.
- **Eco, Umberto.**
Lector in Fabula. São Paulo: Perspectiva, 1994.

