

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO PREDITIVO DA RESPOSTA À TERAPIA FONOAUDIOLÓGICA BASEADO EM PERFIS LINGUÍSTICOS E SENSORIAIS DE CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA (TEA)

**DEVELOPMENT OF A PREDICTIVE MODEL OF RESPONSE TO SPEECH-
LANGUAGE THERAPY BASED ON LINGUISTIC AND SENSORY PROFILES OF
CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER (ASD)**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências da Saúde, Linguística & Letras e
Artes

• 16/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789527379](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789527379)

Antonia Laissa Paulina Silveira¹

Francisca Islândia Soares do Nascimento²

Manoel Messias Santos de Deus³

Hadassa Pereira de Azevedo de Deus⁴

Hellen Gomes Vasconcelos⁵

Letícia de Oliveira Roxo Schmitt⁶

RESUMO

O transtorno do espectro autista apresenta elevada heterogeneidade no desenvolvimento da comunicação, linguagem, interação social e processamento sensorial, produzindo respostas distintas às intervenções terapêuticas. Nesse contexto, o desenvolvimento de modelos preditivos baseados em perfis linguísticos e sensoriais pode contribuir para a individualização da terapia fonoaudiológica e para a identificação de características associadas a melhores resultados. O objetivo deste estudo é analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, evidências recentes sobre características linguísticas, comunicativas e sensoriais capazes de prever a resposta de crianças com transtorno do espectro autista às intervenções terapêuticas, com ênfase na possibilidade de utilização de métodos de inteligência artificial e aprendizado de máquina. Realizou-se revisão integrativa da literatura, considerando publicações entre 2021 e 2026, com enfoque em preditores de resposta terapêutica, desenvolvimento da linguagem, comunicação gestual, processamento sensorial, análise automatizada da fala e modelos computacionais. Os estudos analisados indicam que habilidades linguísticas iniciais, vocabulário, linguagem receptiva e expressiva, comunicação gestual, características da fala, atenção compartilhada, funcionamento cognitivo e padrões de reatividade sensorial podem apresentar relação com a evolução terapêutica. Evidências recentes também demonstram potencial para utilização de processamento de linguagem natural, aprendizado de máquina e análise automatizada de características da fala na identificação de padrões clinicamente relevantes. Conclui-se que a integração de dados linguísticos e sensoriais representa uma estratégia promissora para construção de modelos preditivos capazes de apoiar decisões clínicas individualizadas na fonoaudiologia.

Palavras-chave: Transtorno do espectro autista; Fonoaudiologia; Linguagem; Processamento sensorial; Inteligência artificial.

ABSTRACT

Autism spectrum disorder is characterized by substantial heterogeneity in the development of communication, language, social interaction, and sensory processing, resulting in different responses to therapeutic interventions. In this context, predictive models based on linguistic and sensory profiles may contribute to the individualization of speech-language therapy and to the identification of characteristics associated with better outcomes. This study aims to analyze, through an integrative literature review, recent evidence regarding linguistic, communicative, and sensory characteristics that may predict the response of children with autism spectrum disorder to therapeutic interventions, with emphasis on the potential use of artificial intelligence and machine learning methods. An integrative literature review was conducted considering publications from 2021 to 2026, focusing on predictors of treatment response, language development, gestural communication, sensory processing, automated speech analysis, and computational models. The analyzed studies indicate that early language skills, vocabulary, receptive and expressive language, gestural communication, speech characteristics, joint attention, cognitive functioning, and sensory reactivity patterns may be associated with therapeutic progress. Recent evidence also demonstrates potential for the use of natural language processing, machine learning, and automated analysis of speech characteristics to identify clinically relevant patterns. It is concluded that integrating linguistic and sensory data represents a promising strategy for developing predictive models capable of supporting individualized clinical decision-making in speech-language therapy.

Keywords: Autism spectrum disorder; Speech-language therapy; Language; Sensory processing; Artificial intelligence.

1. INTRODUÇÃO

O transtorno do espectro autista (TEA) constitui uma condição do neurodesenvolvimento marcada por ampla diversidade na comunicação social, no desenvolvimento da linguagem, nos comportamentos e nas formas de processamento das informações provenientes do ambiente. Essa heterogeneidade representa um dos principais desafios para os profissionais responsáveis pelo acompanhamento de crianças com TEA, especialmente porque indivíduos que apresentam o mesmo diagnóstico podem demonstrar trajetórias de desenvolvimento e respostas significativamente diferentes diante de uma mesma modalidade de intervenção.

A linguagem ocupa posição central nesse processo, uma vez que dificuldades relacionadas à comunicação receptiva, expressiva e pragmática podem interferir na participação social, na autonomia e no desenvolvimento global da criança. Entretanto, não existe um perfil linguístico único associado ao TEA. Crianças podem apresentar desde ausência ou uso mínimo da fala até desenvolvimento de estruturas linguísticas complexas, ainda que com dificuldades pragmáticas e de reciprocidade comunicativa. Brignell et al. (2024) demonstraram que as trajetórias linguísticas de crianças autistas são heterogêneas, destacando que as habilidades linguísticas observadas precocemente podem apresentar importante relação com os resultados posteriores.

Essa heterogeneidade também pode ser observada na resposta às intervenções. Embora diferentes abordagens terapêuticas apresentem benefícios para grupos de crianças, a magnitude da resposta individual varia consideravelmente. Panganiban e Kasari (2022) demonstraram que algumas crianças com TEA e linguagem limitada apresentam ganhos linguísticos significativamente mais expressivos após intervenção, enquanto outras apresentam evolução mais lenta. Esse achado reforça a necessidade de compreender quais características apresentadas antes ou durante o tratamento podem ajudar a antecipar a trajetória terapêutica.

A identificação de fatores preditores apresenta relevância direta para a prática fonoaudiológica. Um modelo capaz de combinar informações clínicas, linguísticas e sensoriais poderia contribuir para estimar a probabilidade de determinada criança apresentar resposta favorável a uma intervenção, permitindo maior direcionamento das metas terapêuticas. Em vez de considerar apenas o diagnóstico de TEA, a abordagem preditiva permitiria analisar o indivíduo a partir de seu perfil específico.

Estudos recentes reforçam essa perspectiva. Chetcuti et al. (2025), em uma meta-análise envolvendo estudos sobre intervenções comportamentais, identificaram associação entre melhores resultados e características como maior funcionamento cognitivo, melhores habilidades linguísticas, maior funcionamento adaptativo e menor intensidade de características relacionadas ao autismo. Os autores também observaram que características relacionadas à intensidade e duração da intervenção podem influenciar os resultados, reforçando a importância de compreender a interação entre características individuais e características terapêuticas.

Outro componente que merece atenção é o processamento sensorial. Crianças com TEA podem apresentar hiperreatividade, hiporreatividade ou busca sensorial, e essas características podem influenciar atenção, engajamento, regulação comportamental e disponibilidade para interação. Jatkar et al. (2023) verificaram que características sensoriais observadas antes da intervenção, particularmente a hiporreatividade sensorial, apresentaram relação com a evolução da comunicação social. Os autores também identificaram associação entre maior frequência de vocalizações atípicas e menor melhora em determinados indicadores de comunicação social.

A relação entre linguagem e aspectos sensoriais, portanto, apresenta potencial para a construção de modelos preditivos multidimensionais. A criança que apresenta maior comprometimento de linguagem pode responder de maneira diferente daquela que possui vocabulário preservado, mas apresenta dificuldades de pragmática, atenção compartilhada ou processamento sensorial. Dessa forma, a simples classificação diagnóstica não é suficiente para explicar a variabilidade dos resultados terapêuticos.

Paralelamente, os avanços da inteligência artificial (IA) possibilitam a análise de grandes volumes de dados clínicos e comportamentais. Técnicas de aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural (PLN) podem identificar padrões que seriam difíceis de reconhecer exclusivamente por avaliação clínica convencional. Themistocleous, Andreou e Peristeri (2024), por exemplo, utilizaram características narrativas e de vocabulário em conjunto com técnicas de aprendizado de máquina para diferenciar

crianças autistas e não autistas, demonstrando o potencial da análise computacional da linguagem.

A análise automatizada também pode ser aplicada ao estudo da fala espontânea. Trayvick et al. (2024) destacam que características acústicas, prosódicas, linguísticas e pragmáticas podem ser quantificadas por ferramentas automatizadas e técnicas de processamento de linguagem natural, possibilitando análises mais objetivas e escaláveis.

Diante desse cenário, emerge o seguinte problema de pesquisa: quais características linguísticas e sensoriais de crianças com TEA apresentam potencial para prever a resposta à terapia fonoaudiológica e como essas características podem ser integradas em um modelo preditivo baseado em inteligência artificial?

A relevância deste estudo está relacionada à necessidade de ampliar a personalização do cuidado fonoaudiológico. A identificação precoce de características associadas a diferentes trajetórias de resposta pode favorecer a definição de objetivos individualizados, a seleção de estratégias terapêuticas e o monitoramento da evolução clínica. Assim, o objetivo geral desta revisão é analisar as evidências científicas recentes sobre características linguísticas e sensoriais capazes de contribuir para a predição da resposta terapêutica em crianças com TEA, considerando a possibilidade de integração dessas variáveis em modelos computacionais preditivos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Heterogeneidade Linguística no Transtorno do Espectro Autista

O desenvolvimento da linguagem em crianças com TEA caracteriza-se por ampla variabilidade. Essa diversidade pode envolver quantidade de vocabulário, compreensão verbal, produção de frases, morfossintaxe, pragmática, narrativa, prosódia e capacidade de utilizar a comunicação de maneira socialmente funcional.

Latrèche et al. (2024) demonstraram a existência de diferentes trajetórias de desenvolvimento linguístico em crianças pré-escolares autistas. O estudo longitudinal reforça a ideia de que o desenvolvimento da linguagem não ocorre de maneira uniforme e que diferentes fatores individuais podem modificar a trajetória apresentada ao longo do tempo.

Essa heterogeneidade é particularmente importante quando se pretende desenvolver um modelo preditivo. A utilização de uma única variável, como presença ou ausência de fala, poderia simplificar excessivamente o perfil da criança. Um modelo mais robusto deve considerar múltiplas dimensões da linguagem, incluindo vocabulário, compreensão, expressão, pragmática, produção espontânea, comunicação gestual e características da fala.

Brignell et al. (2024), ao analisar uma amostra comunitária de 1.026 crianças, verificaram que a habilidade linguística aos quatro anos se apresentou como o preditor consistente da linguagem aos 11 anos entre as crianças autistas avaliadas. Esse resultado evidencia o valor potencial das medidas linguísticas iniciais para previsão de trajetórias futuras.

Do ponto de vista clínico, essa evidência sustenta a importância da avaliação fonoaudiológica detalhada no início do acompanhamento. Dados relativos à linguagem receptiva e expressiva podem

funcionar não apenas como instrumentos de diagnóstico funcional, mas também como variáveis capazes de alimentar sistemas de estratificação prognóstica.

2.2. Comunicação Gestual e Desenvolvimento da Linguagem

A comunicação no TEA não se limita à fala. Gestos, expressões corporais, atenção compartilhada e combinações entre gestos e fala podem representar importantes indicadores do desenvolvimento comunicativo.

La Valle et al. (2024) investigaram crianças autistas minimamente verbais submetidas a uma intervenção combinando JASPER e Enhanced Milieu Teaching. Os resultados demonstraram que a frequência de combinações entre gesto e fala no início da intervenção foi preditora de indicadores posteriores de produção verbal, incluindo taxa de enunciados, número de palavras diferentes e comprimento médio dos enunciados.

Esse achado apresenta implicações relevantes para um modelo preditivo fonoaudiológico. Em vez de considerar somente a quantidade de palavras produzidas pela criança, o modelo poderia incorporar indicadores de intenção comunicativa, uso de gestos, combinações gesto-fala e participação em episódios de atenção compartilhada.

A inclusão dessas variáveis pode ser particularmente importante para crianças minimamente verbais, nas quais indicadores tradicionais de linguagem oral apresentam menor capacidade de representar todo o repertório comunicativo.

2.3. Preditores de Resposta Às Intervenções

A resposta à intervenção constitui um fenômeno multifatorial. A idade da criança, nível cognitivo, habilidades linguísticas, características adaptativas, gravidade dos sintomas, comportamento, participação familiar e características do próprio tratamento podem interferir nos resultados.

Chetcuti et al. (2025) identificaram, em uma meta-análise de 95 estudos envolvendo 6.780 crianças autistas e 2.150 tamanhos de efeito independentes, que melhores resultados pós-intervenção estiveram associados a maior funcionamento cognitivo, linguístico e adaptativo e menor quantidade de características relacionadas ao autismo.

Panganiban e Kasari (2022) apresentam contribuição particularmente próxima ao objetivo deste estudo. Ao analisar 99 crianças de três a cinco anos com linguagem limitada submetidas ao JASPER, os autores procuraram identificar características anteriores à intervenção associadas a maiores ganhos linguísticos. A capacidade de brincar adequadamente com maior variedade de brinquedos foi identificada como característica relacionada aos melhores ganhos de linguagem expressiva.

A importância desses resultados está na demonstração de que a previsão de resposta não precisa se restringir a medidas diretamente linguísticas. Características comportamentais, sociais e de brincadeira também podem fornecer informações relevantes sobre a probabilidade de evolução da linguagem.

Asta et al. (2024), ao investigar crianças pequenas com TEA submetidas ao Early Start Denver Model, também reforçam a importância de habilidades cognitivas, comportamentais e

sociocomunicativas na compreensão da resposta terapêutica. Nesse sentido, um modelo preditivo deve ser concebido como multidimensional, incorporando diferentes domínios do desenvolvimento.

2.4. Processamento Sensorial Como Variável Preditora

O processamento sensorial representa outro componente potencialmente relevante. Crianças autistas podem apresentar diferentes padrões de resposta aos estímulos, incluindo respostas reduzidas, exageradas ou comportamentos de busca sensorial.

Jatkar et al. (2023) analisaram 87 crianças com elevada probabilidade de TEA e observaram que características sensoriais e padrões de vocalização presentes antes do início da intervenção estavam relacionados às mudanças posteriores na comunicação social. A hiporreatividade sensorial apresentou relação significativa com menor melhora da comunicação social no grupo que recebeu intervenção.

Esses resultados sugerem que o processamento sensorial não deve ser tratado como um fenômeno isolado da comunicação. Uma criança que apresenta reduzida orientação para estímulos relevantes pode ter maior dificuldade para direcionar atenção ao terapeuta, responder a estímulos comunicativos e participar de atividades compartilhadas.

Chen et al. (2025) também destacam a relevância dos padrões sensoriais precoces ao investigar suas relações com resultados adaptativos, comportamentais e de participação em idade escolar. O estudo amplia a compreensão de que as características sensoriais

observadas precocemente podem apresentar implicações para resultados funcionais posteriores.

Kadlaskar et al. (2023), por sua vez, utilizaram uma abordagem baseada em perfis para caracterizar padrões de processamento sensorial em crianças pequenas com TEA, demonstrando que diferentes combinações de características sensoriais podem estar associadas a diferenças em características do autismo, habilidades adaptativas e atenção.

Dessa forma, o modelo proposto neste trabalho poderia considerar variáveis como hiporreatividade, hiperreatividade, busca sensorial e resposta a estímulos auditivos, visuais e táteis.

2.5. Linguagem, Fala e Processamento de Linguagem Natural

Os avanços recentes na computação permitem que características da comunicação sejam analisadas de maneira automatizada. O processamento de linguagem natural possibilita transformar amostras de fala e linguagem em variáveis quantitativas, incluindo diversidade lexical, comprimento dos enunciados, estrutura narrativa, frequência de determinados padrões linguísticos e características pragmáticas.

Trayvick et al. (2024) ressaltam que as diferenças de fala e linguagem observadas no TEA incluem aspectos de pitch, intensidade, velocidade, qualidade vocal, prosódia, repetitividade, pragmática, coerência e reciprocidade. Os autores destacam que ferramentas automatizadas podem contribuir para mensuração mais objetiva dessas características.

Themistocleous, Andreou e Peristeri (2024) demonstraram a aplicação prática dessa abordagem. O estudo analisou narrativas e vocabulário expressivo de crianças e utilizou modelos de aprendizado de máquina para classificação, demonstrando elevado desempenho na diferenciação entre crianças autistas e não autistas.

Embora identificação diagnóstica e predição de resposta terapêutica sejam objetivos diferentes, os princípios metodológicos são semelhantes. Se características linguísticas conseguem ser extraídas automaticamente e relacionadas a determinado desfecho clínico, essas informações também podem ser utilizadas para construir modelos destinados à previsão de evolução terapêutica.

Bertamini et al. (2025) avançaram ainda mais nessa direção ao utilizar computação afetiva baseada em inteligência artificial para analisar a dinâmica temporal da sincronização prosódica entre criança e clínico, investigando sua relação com resultados de intervenção em TEA. O estudo reforça a possibilidade de utilizar características temporais e relacionais da interação terapêutica como informações preditivas.

2.6. Intervenções Fonoaudiológicas e Comunicação Funcional

A intervenção fonoaudiológica no TEA deve considerar as características individuais da criança e priorizar comunicação funcional. Para algumas crianças, o objetivo pode envolver ampliação de vocabulário e construção de frases; para outras, pode ser necessário inicialmente favorecer intenção comunicativa, atenção compartilhada, gestos, comunicação alternativa e participação social.

Pope, Light e Laubscher (2025) realizaram revisão sistemática e meta-análise sobre intervenções naturalísticas desenvolvimentais comportamentais e comunicação aumentativa e alternativa em crianças autistas com fala mínima. Os resultados sustentam a importância de estratégias individualizadas voltadas ao desenvolvimento da comunicação e linguagem.

Panganiban et al. (2025) também demonstraram a importância da identificação de determinantes de resposta em crianças autistas minimamente verbais, reforçando que a heterogeneidade dos resultados exige abordagens capazes de identificar quais características estão associadas a diferentes padrões de mudança comportamental.

Assim, o modelo preditivo proposto não deve ser entendido como instrumento para substituir a avaliação clínica ou determinar de maneira rígida qual intervenção deverá ser realizada. Sua função potencial seria apoiar o raciocínio clínico, fornecendo informações adicionais para auxiliar na definição das prioridades terapêuticas.

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, método escolhido por possibilitar a reunião e análise crítica de diferentes tipos de estudos relacionados a determinado problema de pesquisa. A abordagem foi direcionada à identificação de evidências sobre preditores linguísticos, comunicativos e sensoriais relacionados à resposta terapêutica em crianças com TEA, bem como sobre aplicações de inteligência artificial e aprendizado de máquina na análise dessas características.

A questão norteadora foi formulada da seguinte maneira: quais características linguísticas e sensoriais de crianças com TEA podem contribuir para prever a resposta às intervenções terapêuticas, especialmente à terapia fonoaudiológica?

Para organização da questão, foi considerada a estratégia PICo, na qual a População (P) correspondeu a crianças com TEA; o Interesse (I) correspondeu aos perfis linguísticos, comunicativos, sensoriais e características passíveis de utilização como preditores; e o Contexto (Co) correspondeu às intervenções terapêuticas, especialmente intervenções relacionadas à comunicação, linguagem e desenvolvimento sociocomunicativo.

A busca bibliográfica foi delimitada ao período de 2021 a 2026, priorizando estudos recentes. Foram consideradas publicações relacionadas aos seguintes eixos: transtorno do espectro autista; linguagem; fala; comunicação social; comunicação gestual; processamento sensorial; preditores de resposta terapêutica; intervenção precoce; processamento de linguagem natural; inteligência artificial; aprendizado de máquina e modelos preditivos.

Foram consideradas as referências fornecidas para o desenvolvimento do estudo, totalizando 15 trabalhos. Os estudos foram analisados quanto ao objetivo, população, características investigadas, tipo de intervenção, variáveis preditoras, desfechos avaliados e contribuições para construção de um possível modelo preditivo.

Foram incluídos estudos publicados entre 2021 e 2026, em português, inglês ou espanhol, relacionados a crianças ou populações infantis com TEA e que abordassem pelo menos uma

das seguintes dimensões: linguagem, comunicação, processamento sensorial, resposta terapêutica ou inteligência artificial aplicada à análise de características do TEA.

Foram excluídos estudos sem relação direta com o objetivo da revisão, trabalhos exclusivamente direcionados à população adulta, estudos que não apresentassem relação com linguagem, comunicação, processamento sensorial ou resposta a intervenções e publicações duplicadas.

A análise foi realizada de forma descritiva e temática. Inicialmente, os estudos foram organizados conforme suas principais variáveis. Posteriormente, foram identificadas convergências e divergências entre os achados, buscando-se estabelecer quais características apresentam maior potencial para compor um modelo preditivo.

É importante destacar que esta revisão não pretendeu construir ou validar estatisticamente um algoritmo de inteligência artificial. O objetivo metodológico consistiu em identificar, na literatura recente, quais variáveis apresentam sustentação científica suficiente para subsidiar uma futura etapa de desenvolvimento e validação de um modelo preditivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES OU ANÁLISE DOS DADOS

A análise das 15 referências selecionadas demonstrou que a literatura recente converge para quatro grandes grupos de variáveis potencialmente relevantes para a construção de um modelo preditivo: **características linguísticas, características sociocomunicativas, características sensoriais e características clínicas, cognitivas e comportamentais.**

Quadro 1. Principais variáveis com potencial preditivo identificadas na literatura

Domínio	Variáveis potenciais	Possível relação com o desfecho
Linguagem	Vocabulário, linguagem receptiva, linguagem expressiva, comprimento dos enunciados	Predição do crescimento linguístico
Fala	Vocalizações atípicas, taxa de fala, prosódia, pitch, intensidade	Predição da evolução comunicativa
Comunicação	Gestos, combinações gesto-fala, atenção compartilhada	Predição do desenvolvimento da fala
Sociocomunicação	Engajamento, reciprocidade, comunicação social	Resposta à intervenção
Sensorial	Hiporreatividade, hiperreatividade, busca sensorial	Participação e resposta terapêutica
Cognitivo	Habilidades cognitivas e não verbais	Prognóstico terapêutico
Adaptativo	Habilidades adaptativas	Associação com resultados da intervenção
Comportamental	Brincadeira, comportamento social e engajamento	Resposta à intervenção
Computacional	Características acústicas, narrativas e linguísticas	Classificação e predição automatizada

Fonte: Elaborado pelos autores com base na literatura analisada (2022–2025).

4.1. Preditores Linguísticos

Entre as variáveis identificadas, a linguagem apresenta uma das bases mais consistentes para construção do modelo. Brignell et al. (2024) identificaram que o desempenho linguístico inicial apresenta valor prognóstico importante para o desenvolvimento posterior. Esse achado é relevante porque demonstra que medidas realizadas no início do acompanhamento podem fornecer informações sobre trajetórias futuras.

Latrèche et al. (2024) complementam essa evidência ao demonstrar diferentes trajetórias de linguagem em crianças pré-escolares autistas. A presença de trajetórias distintas reforça a necessidade de abandonar modelos prognósticos baseados exclusivamente em médias populacionais.

Para um modelo preditivo fonoaudiológico, poderiam ser consideradas variáveis como número de palavras diferentes, extensão média dos enunciados, compreensão verbal, vocabulário receptivo e expressivo, frequência de atos comunicativos e proporção de linguagem espontânea.

A comunicação gestual também deve ser incorporada. La Valle et al. (2024) demonstraram que combinações entre gestos e fala no início da intervenção apresentaram valor preditivo para resultados posteriores de linguagem.

Esse resultado sugere que uma avaliação inicial baseada exclusivamente em testes padronizados de linguagem oral pode deixar de capturar informações importantes. A análise multimodal da comunicação pode oferecer uma representação mais completa do repertório da criança.

4.2. Preditores Sensoriais

O segundo eixo corresponde ao processamento sensorial. Jatkar et al. (2023) identificaram associação entre hiporreatividade sensorial inicial e menor melhora na comunicação social entre crianças que receberam intervenção.

Esse resultado apresenta uma possível explicação funcional: a criança que demonstra menor orientação a estímulos relevantes pode apresentar dificuldades para manter atenção durante atividades terapêuticas, responder ao terapeuta ou participar de interações sociais. Portanto, características sensoriais podem funcionar como moderadores da resposta ao tratamento.

Chen et al. (2025) também apontam que padrões sensoriais precoces apresentam implicações para resultados posteriores relacionados à adaptação e participação.

Kadlaskar et al. (2023) contribuem para essa discussão ao demonstrarem que as crianças podem ser agrupadas em diferentes perfis de processamento sensorial. A identificação desses subgrupos é particularmente relevante para um sistema preditivo, pois permite que o algoritmo reconheça combinações de características em vez de avaliar cada variável isoladamente.

Consequentemente, o modelo poderia classificar uma criança, por exemplo, como apresentando maior probabilidade de hiporreatividade, hiperreatividade ou busca sensorial e posteriormente relacionar esse perfil à evolução observada na terapia.

4.3. Preditores Cognitivos, Comportamentais e Adaptativos

Os estudos analisados também indicam que a resposta terapêutica não depende exclusivamente da linguagem. Chetcuti et al. (2025) identificaram que maior funcionamento cognitivo, linguístico e adaptativo esteve associado a melhores resultados pós-intervenção.

Panganiban e Kasari (2022) demonstraram, por outro lado, que uma característica comportamental aparentemente distante da linguagem — a capacidade de brincar adequadamente com maior variedade de brinquedos esteve relacionada aos maiores ganhos de linguagem expressiva em crianças com linguagem limitada.

Esse resultado reforça a necessidade de considerar o desenvolvimento como um sistema integrado. A capacidade de brincar, engajar-se, compartilhar atenção e participar de interações pode criar condições favoráveis para aprendizagem linguística.

Nesse sentido, um modelo preditivo fonoaudiológico poderia integrar indicadores de linguagem a informações relacionadas à brincadeira, atenção compartilhada, funcionamento cognitivo não verbal, habilidades adaptativas e características comportamentais.

4.4. Inteligência Artificial e Construção do Modelo Preditivo

A literatura recente demonstra crescimento da utilização de métodos computacionais para análise do TEA. Themistocleous, Andreou e Peristeri (2024) demonstraram que características narrativas e de vocabulário podem ser extraídas e analisadas por algoritmos de aprendizado de máquina.

Trayvick et al. (2024) ressaltam que ferramentas automatizadas podem quantificar aspectos da fala e da linguagem, incluindo características acústicas, prosódicas e linguísticas.

Esses avanços permitem imaginar uma arquitetura preditiva em que os dados sejam coletados durante a avaliação inicial da criança e posteriormente processados por um algoritmo.

Um possível modelo conceitual seria constituído por quatro etapas:

Entrada de dados → processamento das características → algoritmo preditivo → estimativa de resposta terapêutica.

Na primeira etapa seriam inseridos dados clínicos e fonoaudiológicos. Na segunda, os dados seriam transformados em variáveis quantitativas. Na terceira, um algoritmo de aprendizado de máquina identificaria relações entre as características iniciais e os resultados observados após a terapia. Na quarta, o sistema forneceria uma estimativa de probabilidade ou classificação de resposta.

Por exemplo, o sistema poderia identificar que determinada combinação de linguagem receptiva preservada + maior uso de gestos + maior atenção compartilhada + baixa hiporreatividade sensorial está associada, na base de treinamento, a maior probabilidade de ganho linguístico.

Bertamini et al. (2025) demonstram que até mesmo características dinâmicas da interação entre criança e profissional podem apresentar potencial preditivo. A análise da sincronização prosódica entre criança e clínico utilizando inteligência artificial evidencia que informações extraídas durante a própria interação terapêutica podem complementar as avaliações tradicionais.

Assim, o futuro modelo poderia utilizar dados provenientes de avaliações estruturadas e também de amostras espontâneas de

interação.

4.5. Possível Arquitetura do Modelo

Com base nos estudos analisados, propõe-se conceitualmente que o modelo seja dividido em cinco dimensões:

Dimensão 1 – Perfil linguístico: linguagem receptiva, linguagem expressiva, vocabulário, diversidade lexical, comprimento médio dos enunciados, narrativa e produção espontânea.

Dimensão 2 – Perfil comunicativo: gestos, combinações gesto-fala, atenção compartilhada, intenção comunicativa, reciprocidade e engajamento.

Dimensão 3 – Perfil sensorial: hiporreatividade, hiperreatividade, busca sensorial e respostas a estímulos auditivos, visuais e táteis.

Dimensão 4 – Perfil cognitivo-comportamental: habilidades cognitivas não verbais, brincadeira, comportamento adaptativo, atenção e características relacionadas ao funcionamento social.

Dimensão 5 – Perfil acústico-computacional: taxa de fala, pitch, intensidade, prosódia, padrões temporais e outras características extraídas automaticamente.

A integração desses dados poderia resultar em um escore preditivo de resposta.

Quadro 2. Proposta conceitual para modelo preditivo

Etapa	Variáveis	Procedimento
-------	-----------	--------------

Avaliação inicial	Linguagem, comunicação e sensorialidade	Coleta padronizada
Extração	Vocabulário, gestos, vocalizações, perfil sensorial	Transformação em variáveis
Integração	Dados clínicos e computacionais	Banco de dados
Modelagem	Algoritmos de aprendizado de máquina	Treinamento
Validação	Amostra independente	Avaliação do desempenho
Predição	Probabilidade de resposta	Apoio à decisão clínica

Fonte: Elaborado pelos autores com base na síntese da literatura.

Entretanto, a implementação desse modelo exige rigor metodológico. O algoritmo não deve ser treinado e validado na mesma população sem estratégias adequadas de validação, pois isso pode produzir resultados artificialmente elevados. Seriam necessários conjuntos de treinamento, validação e teste, além de amostras suficientemente grandes e representativas.

Outro aspecto fundamental é a definição clara do desfecho. O conceito de “boa resposta” precisa ser operacionalizado. Pode corresponder, por exemplo, ao aumento do vocabulário expressivo, melhora da linguagem receptiva, aumento da taxa de atos comunicativos, crescimento da extensão média dos enunciados ou melhora de medidas padronizadas de comunicação social.

Panganiban et al. (2025) reforçam a importância de definir mudanças clinicamente significativas ao estudar resposta terapêutica em crianças minimamente verbais.

4.6. Implicações para a Prática Fonoaudiológica

A principal contribuição potencial de um modelo dessa natureza seria apoiar a personalização da terapia. Em vez de aplicar o mesmo conjunto de metas a todas as crianças com TEA, o profissional poderia receber informações sobre quais características estão associadas a diferentes probabilidades de resposta.

Essa abordagem não significa substituir o julgamento clínico. O modelo funcionaria como ferramenta auxiliar. A decisão terapêutica permaneceria dependente da avaliação do fonoaudiólogo, da família e da própria criança.

Outra possibilidade seria utilizar o modelo durante o acompanhamento. A cada nova avaliação, os dados poderiam ser atualizados, permitindo verificar se a trajetória observada corresponde à trajetória prevista.

Caso o sistema identifique resposta inferior à esperada, o profissional poderia reavaliar as estratégias utilizadas, verificar questões sensoriais, modificar as metas ou intensificar determinadas estratégias comunicativas.

Essa lógica aproxima a fonoaudiologia de uma perspectiva de medicina e reabilitação de precisão, na qual as decisões são orientadas pela combinação de características individuais e evidências científicas.

4.7. Limitações e Desafios

Apesar do potencial identificado, a literatura ainda apresenta limitações para a construção de um modelo preditivo específico para

terapia fonoaudiológica. Grande parte dos estudos analisa intervenções comportamentais, sociocomunicativas ou desenvolvimentais, não necessariamente tratamentos fonoaudiológicos isolados.

Além disso, os estudos utilizam diferentes instrumentos, populações, faixas etárias e definições de resposta terapêutica. Essa heterogeneidade dificulta a combinação direta dos resultados.

Outro desafio corresponde ao tamanho das amostras. Modelos de aprendizado de máquina podem apresentar elevado desempenho em amostras pequenas, mas perder capacidade de generalização quando aplicados a populações diferentes.

Também devem ser considerados aspectos éticos. Dados de voz, linguagem, comportamento e informações clínicas de crianças são dados potencialmente sensíveis e precisam ser protegidos. Um sistema preditivo não deve produzir estigmatização ou determinar antecipadamente que determinada criança terá “baixa capacidade de evolução”.

A predição deve ser interpretada como probabilidade, e não como destino clínico. O objetivo deve ser apoiar a identificação de necessidades e não limitar o acesso da criança às intervenções.

5. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão integrativa demonstra que a resposta às intervenções em crianças com transtorno do espectro autista apresenta caráter heterogêneo e é influenciada por múltiplas características individuais. Os estudos analisados indicam que habilidades linguísticas iniciais, vocabulário, linguagem receptiva e expressiva,

comunicação gestual, combinações gesto-fala, características da fala, atenção compartilhada, funcionamento cognitivo, habilidades adaptativas, brincadeira e padrões de processamento sensorial apresentam potencial para contribuir na compreensão das diferentes trajetórias terapêuticas.

As evidências também demonstram que características sensoriais podem apresentar relação com a evolução da comunicação social, enquanto características linguísticas e sociocomunicativas podem auxiliar na previsão de ganhos posteriores. A literatura recente ainda demonstra avanços importantes na aplicação de inteligência artificial, processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina para identificação e quantificação de padrões de fala e linguagem relacionados ao TEA.

Dessa forma, considera-se que o desenvolvimento de um modelo preditivo baseado na integração de perfis linguísticos e sensoriais é cientificamente promissor e apresenta potencial aplicação na fonoaudiologia. O modelo poderá auxiliar na estratificação de perfis, na definição de prioridades terapêuticas e no acompanhamento individualizado da evolução.

Entretanto, as evidências disponíveis ainda não permitem estabelecer um algoritmo clínico definitivo para previsão da resposta à terapia fonoaudiológica. São necessários estudos prospectivos, amostras maiores, padronização dos desfechos terapêuticos, validação externa e avaliação da capacidade de generalização dos modelos.

Conclui-se, portanto, que a combinação de avaliação fonoaudiológica, caracterização sensorial e métodos computacionais

representa uma perspectiva relevante para o desenvolvimento de intervenções mais individualizadas. A futura construção do modelo deve preservar a avaliação clínica como elemento central, utilizando a inteligência artificial como ferramenta complementar para ampliar a precisão da análise e favorecer decisões terapêuticas baseadas em evidências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTA, L. et al. Cognitive, behavioral and socio-communication skills as predictors of response to Early Start Denver Model: a prospective study in 32 young children with Autism Spectrum Disorder. *Frontiers in Psychiatry*, v. 15, 1358419, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1358419>.

BERTAMINI, G. et al. Temporal dynamics of early child-clinician prosodic synchrony predict one year autism intervention outcomes using AI driven affective computing. *Scientific Reports*, v. 15, 31144, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-17057-3>.

BRIGNELL, A. et al. Language growth in verbal autistic children from 5 to 11 years. *Autism Research*, v. 17, n. 10, p. 1994-2003, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.3171>.

CHEN, Y. J. et al. Developmental impacts of early sensory patterns on school-age adaptive, maladaptive, and participation outcomes in autistic and non-autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 55, p. 4033-4044, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-024-06494-0>.

CHETCUTI, L. et al. Characterizing predictors of response to behavioral interventions for children with autism spectrum disorder:

a meta-analytic approach. *Clinical Psychology Review*, v. 119, 102588, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2025.102588>.

GUNDOGDU, U. et al. Sensory profiles, behavioral problems, and auditory findings in children with autism spectrum disorder. *Developmental Neurorehabilitation*, v. 26, n. 3, p. 442-451, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/20473869.2023.2200592>.

JATKAR, A. et al. Toddlers at elevated likelihood for autism: exploring sensory and language treatment predictors. *Journal of Early Intervention*, v. 45, n. 1, p. 39-62, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/10538151211067227>.

KADLASKAR, G. et al. Patterns of sensory processing in young children with autism: differences in autism characteristics, adaptive skills, and attentional problems. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2023.

LA VALLE, C. et al. Does gestural communication influence later spoken language ability in minimally verbal autistic children? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, v. 67, n. 7, p. 2283-2296, 2024. DOI: https://doi.org/10.1044/2024_JSLHR-23-00433.

LATRÈCHE, K. et al. Early trajectories and moderators of autistic language profiles: a longitudinal study in preschoolers. *Autism*, v. 28, n. 12, p. 3043-3062, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1177/13623613241253015>.

PANGANIBAN, J. et al. Meaningful determinants of early response: predicting and characterizing behavioral changes for minimally verbal autistic children. *Autism Research*, v. 18, n. 12, p. 2499-2507, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.70123>.

PANGANIBAN, J.; KASARI, C. Super responders: predicting language gains from JASPER among limited language children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, v. 15, n. 8, p. 1565-1575, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/aur.2727>.

POPE, L.; LIGHT, J.; LAUBSCHER, E. The effect of naturalistic developmental behavioral interventions and aided AAC on the language development of children on the autism spectrum with minimal speech: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, v. 55, p. 3078-3099, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10803-024-06382-7>.

THEMISTOCLEOUS, C. K.; ANDREOU, M.; PERISTERI, E. Autism detection in children: integrating machine learning and natural language processing in narrative analysis. *Behavioral Sciences*, v. 14, n. 6, 459, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/bs14060459>.

TRAYVICK, J. et al. Speech and language patterns in autism: towards natural language processing as a research and clinical tool. *Psychiatry Research*, v. 340, 116109, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2024.116109>.

¹ Graduanda em Fonoaudiologia do Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – Ceará, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#).

² Graduanda em Fonoaudiologia do Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – Ceará, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Pediatra, com Residência em Pediatria pela Universidade Federal do Ceará – UFC/Sobral, graduado em Medicina pela Escuela Latinoamericana de Medicina – ELAM, com diploma revalidado pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Graduanda em Fonoaudiologia pelo Centro Universitário INTA – UNINTA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Acadêmica de Fonoaudiologia do Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – Ceará, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail.](#)

⁶ Bacharel em Fonoaudiologia pelo Centro Universitário UNIFATECIE. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)