

AVALIAÇÃO PARA APRENDIZAGEM & NEUROCIÊNCIA

Um guia interativo para educadores

Eric Hiroyuki Endo¹

Adriessa Santos²

RESUMO

Avaliação é um tema que, historicamente, sempre foi vinculado a processos de classificação e mensuração de resultados. É somente a partir do século XX, em um contexto de mudanças nos currículos da educação básica, que surgem estudos e propostas sobre a utilização da avaliação ao longo dos percursos de aprendizagem — o que é chamado de avaliação para aprendizagem e, ainda hoje, encontra diversos desafios de implementação em sala de aula. Neste artigo, exploramos as potencialidades e impactos da avaliação para aprendizagem, estabelecendo importantes diálogos com o que sabemos hoje sobre como nosso cérebro aprende: uma contribuição da neurociência e seus avanços dos últimos anos. A proposta de projeto que emerge desta discussão é a criação de um guia interativo sobre avaliação para aprendizagem e neurociência voltado para educadores — resultado de um processo que encontra no design não só uma fonte para decisões metodológicas de projeto, mas também uma área cuja relação com a educação é discutida.

Palavras-chave: educação, avaliação, aprendizagem, neurociência, design, pilares do aprendizado

ABSTRACT

Assessment is a topic that, historically, has always been linked to processes of classification and measurement of results. It is only in the 20th century, in a context of changes in basic education curricula, that studies and proposals on the use of evaluation throughout the learning process emerged — the so-called assessment for learning, which even today faces various implementation challenges in the classroom. In this article, we explore the potential and impacts of assessment for

¹ Estudante da pós-graduação em Neurociência na Escola, Instituto Singularidades.

² Professora orientadora e coordenadora da pós-graduação em Neurociência na Escola, Instituto Singularidades. O presente artigo refere-se ao Trabalho de Conclusão de Curso do referido curso e que é requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Neurociência e Educação em abril de 2024.

learning, establishing important dialogues with what we know today about how our brain learns: a contribution from neuroscience and its advances in recent years. The project proposal that emerges from this discussion is the creation of an interactive guide on assessment for learning and neuroscience aimed at educators — the result of a process that finds in design not only a source for methodological project decisions but also an area whose relationship with education is discussed.

Keywords: education, assessment, learning, neuroscience, design, pillars of learning

1. INTRODUÇÃO

Dehaene (2021) afirma que, graças aos avanços nas áreas da psicologia cognitiva, neurociência, inteligência artificial e ciências da educação, hoje nós temos acesso a muitos detalhes sobre como nosso cérebro aprende. A ponte entre estes conhecimentos e o que acontece em sala de aula é uma obra ainda em processo de construção que acontece por diferentes vias: por meio da compreensão dos fenômenos pedagógicos a partir do nível neurobiológico, pelo entendimento de como alterações funcionais do sistema nervoso podem ter impacto na aprendizagem, ou pelo mapeamento do funcionamento cerebral (LOUZADA; MORENO-LOUZADA, 2023). Diversos educadores e educadoras participam também desta construção ao incorporar parte destes novos conhecimentos aos seus processos de ação/reflexão (práxis) em busca de transformações verdadeiras e autênticas (FREIRE, 2022) em sala de aula. O presente trabalho tem como objetivo primeiro a contribuição na construção desta ponte entre a neurociência e educação, trazendo também o tema da avaliação como elemento central desta construção.

O foco em avaliação surge pela necessidade em expandir os horizontes em relação à esta subárea da educação, tanto em termos de ferramentas e processos que vão além das provas, testes e fichas, como na reflexão sobre a função da avaliação no processo de aprendizagem, que deixa de ser a de dar notas e classificar estudantes e passa ser a de motivá-los a aprender (BERGER et al., 2014). Em um contexto de aprendizagem ativa, onde os estudantes passam a maior parte do seu tempo construindo, prototipando, pesquisando, criando, envolvendo-se ativamente no próprio processo de aprendizagem, falar sobre avaliação faz-se ainda mais

importante, visto que o modelo de aula expositiva seguido de avaliação da retenção dos conteúdos por meio de provas/testes/fichas deixa de existir.

Este último ponto traz à tona um contexto específico (aprendizagem ativa, no caso) no qual a sala de aula pode estar inserida. Ampliando esta discussão, pensando nas inúmeras variáveis que podem alterar o contexto da sala de aula (por exemplo, a proposta pedagógica da escola, as condições socioeconômicas da região, a formação docente, o segmento/idade dos estudantes), chegamos em uma questão importante ao projeto — e seu segundo objetivo — que é: como atender, com um único material, necessidades docentes tão diversas? Não só isso, mas como fazer para que este material seja o mais acessível possível, tanto em termos de facilidade de acesso quanto de conhecimentos prévios necessários para se beneficiar do conteúdo do guia? Este questionamento configura o terceiro e último objetivo deste trabalho.

O processo de concepção e desenvolvimento do projeto levou a um formato de guia digital interativo, escolha que se deu pela facilidade de acesso pela internet e pela possibilidade da navegação não linear por meio dos hiperlinks — o que torna cada leitor um agente central na construção de sua própria experiência de leitura e exploração. É válido apontar que a escolha por um formato e mídia por si só não garante uma boa experiência, e é exatamente por este motivo que o design, apesar de não ser tema central, desempenha um importante papel no resultado do projeto. Dada a amplitude de temas abordados e levando em consideração a experiência do leitor, o guia não se propõe a esgotar ou mesmo se aprofundar demasiadamente em cada um de seus temas. O que ele oferece é uma proposta de organização de referências sobre os temas abordados e um material introdutório relacionado a eles, com o objetivo de familiarizar o leitor com o assunto e apontar para alguns caminhos externos ao guia que podem ajudar neste aprofundamento — se assim o leitor e a leitora desejarem.

Como uma síntese dos pontos levantados até este momento, e com a função de guiar o desenvolvimento do projeto e escrita do artigo, definiram-se três questões orientadoras que pautaram todas as explorações e discussões ao longo do trabalho:

1. Qual o lugar da avaliação na aprendizagem?

2. Qual o lugar da neurociência na educação?

3. Qual o lugar do design na educação?

Ainda que sem uma resposta definitiva — o que não configura, de maneira alguma, um defeito — estas questões são retomadas na seção de resultados e discussão sobre o projeto.

2. CAMPO CONCEITUAL

2.1 Além das provas e testes

Há registros da utilização de testes na China de 3000 anos atrás como forma de selecionar estudantes para fazerem parte da estrutura burocrática ligada ao Imperador (BROWN, 2022). Estes processos surgiram como uma alternativa ao sistema de recomendações, suborno e nepotismo vigente, e por ser um processo que trazia, efetivamente, status e melhora no padrão de vida daqueles que passavam nos testes, não tardou a surgirem os sistemas de trapaças (e de prevenção de trapaças). Passados 3 milênios, muito destes processos e suas características continuam presentes em nossa sociedade: provas e testes utilizados para selecionar candidatos em diversos contextos com potencial de mudar a vida (acesso a escolas e universidades, empregos, equipes esportivas); discussões sobre alternativas ao sistema vigente, como o questionamento à ideia de meritocracia como um valor abstrato universal (CHALHOUB, 2017); vazamento de provas e operações contra estes vazamentos, como a deflagrada pela Polícia Federal em janeiro de 2024 (MERGULHÃO, 2024).

Dada a importância e presença de processos como os citados acima, é compreensível que ainda hoje o termo “avaliação” ainda tenha um forte vínculo com provas e testes; a questão é que mensurar resultados — algo que muitas vezes é acompanhado por um processo de classificação — representa apenas parte da avaliação em sala de aula.

A distinção entre a avaliação utilizada ao longo de um processo de ensino/aprendizagem como estratégia de melhoria do próprio processo, e a utilizada

com o objetivo de mensuração dos resultados deste processo é algo que surge no século XX, sendo denominadas avaliações formativa e somativa, respectivamente. Essa ideia surge inicialmente como uma distinção apenas entre o momento em que os testes eram aplicados (ao longo ou ao fim do processo), mas eventualmente ela deixou de ser apenas sobre o momento e passou a ser também sobre a própria natureza das ferramentas e processos avaliativos. Parte desta mudança se dá como resposta ao surgimento de novos desafios relacionados à avaliação, que passa a olhar não só a capacidade de memorização dos estudantes (uma necessidade que provas e testes suprem até certa medida), mas também a capacidade de pensamento crítico, solução de problemas, criatividade, entre outras habilidades e competências que passam a fazer parte dos currículos da educação básica (BROWN, 2022).

Além da avaliação formativa e somativa, no contexto da sala de aula é comum também nos depararmos com o termo avaliação diagnóstica. Esta avaliação acontece antes ou no início do processo, com o objetivo de checar e ativar conhecimentos prévios, bem como sondar interesses, potências e preferências — pontos que podem ajudar no planejamento das aulas.

2.2 Avaliação, aprendizagem e neurociência

Uma das linhas de pesquisa que explora relações entre avaliação e aprendizagem que já conta com um século de estudos é a comparação entre a utilização de testes e a prática de releitura como estratégias para retenção de informações na memória (ROEDGER et al., 2011), onde os resultados mostram que realizar testes leva a uma maior retenção em comparação à releitura.

A diferença chave entre as duas estratégias está nos processos mentais envolvidos nas duas atividades: para responder às questões dos testes os estudantes precisam, de forma ativa, tentar recuperar as informações necessárias para formular sua hipótese de resposta que eventualmente será validada durante a correção, enquanto ao fazer a releitura a formulação de hipóteses (e conseqüentemente sua validação) não necessariamente acontece, o que torna o processo mais passivo em relação ao primeiro.

Essa diferença entre a participação mais ou menos ativa no processo de aprendizagem tem relação com o que sabemos hoje sobre como nosso cérebro aprende — neste caso especificamente, a relação se dá com a ideia de que a aprendizagem acontece quando formulamos um modelo mental sobre o mundo externo e comparamos estas hipóteses com o que captamos do mundo real por meio de nossos sentidos (DEHAENE, 2021).

Da mesma forma que é possível realizar este percurso investigativo que parte de uma prática avaliativa até as pesquisas sobre como nosso cérebro aprende, podemos fazer o mesmo no sentido inverso: entendendo quais são as bases dos processos de aprendizagem que acontecem no nosso cérebro, podemos buscar as ferramentas avaliativas mais adequadas para abordar um aspecto específico da aprendizagem ou até mesmo elaborar uma ferramenta própria, adequada ao seu caso de uso.

Do ponto de vista do professor em sala de aula, essa abordagem é interessante não só porque permite esta criação de ferramentas e processos próprios tendo em vista contextos, estudantes e potências específicas, mas também porque permite a realização de um processo de ação/reflexão muito mais rico e bem embasado. Em outras palavras, possibilita que ao invés de olharmos para ferramentas e processos como soluções definitivas pelo simples fato de serem baseadas na neurociência, possamos compreender melhor as bases do funcionamento cerebral e entender o papel que a ferramenta ou processo avaliativo se propõe a desempenhar — o que pode ou não ser o mais adequado para um determinado contexto e os cérebros aprendizes em questão.

Um desafio que emerge para a pessoa educadora interessada em neurociência, neste contexto, diz respeito a uma definição do que seriam estas bases do funcionamento cerebral e suas relações com os processos de aprendizagem. Ao mesmo tempo em que devemos reconhecer a complexidade do funcionamento dos cérebros e consequentemente da neurociência e seus estudos e pesquisas, pensar sobre formas de tornar parte do conhecimento acessível a educadores — umas das pessoas que mais trabalham com o cérebro (COSENZA; GUERRA, 2009) — faz-se necessário.

Uma proposta de sistematização que dialoga diretamente com o problema apresentado é o modelo dos 4 pilares do aprendizado proposto pelo neurocientista Stanislas Dehaene (2021): 4 funções essenciais ao aprendizado que recebem este nome pelo fato da instabilidade de qualquer uma delas afetar o processo de construções mentais como um todo. É um modelo que, ao apresentar de uma forma mais sintética (e conseqüentemente mais simples e acessível) parte dos processos que acontecem em nosso cérebro e que são fundamentais para o aprendizado, pode funcionar como um ponto de partida para o educador interessado nas contribuições da neurociência para a sala de aula.

Para cada um dos pilares — atenção, envolvimento ativo, *feedback* de erros e consolidação — é possível estabelecer diálogos entre o aprendizado no contexto da sala de aula e também com ferramentas e práticas avaliativas.

2.3 Atenção e avaliação

Professores em geral sabem da importância do aluno “prestar atenção” na aula, ainda que isso seja um conhecimento muitas vezes empírico. Dentre os 4 pilares do aprendizado, talvez este seja o que tenha uma relação mais óbvia em relação ao dia a dia do professor, estando vinculado diretamente ao desafio da gestão da sala de aula.

Mesmo com bilhões de células e trilhões de sinapses, nosso cérebro não é capaz (e nem tem a necessidade) de processar todas as informações que chegam a ele por meio das vias sensoriais — e é por meio da atenção que ele filtra quais destas informações serão ou não processadas (COSENZA; GUERRA, 2009). Dessa forma, quando os estudantes não estão prestando atenção nas informações relevantes, é muito improvável que ele esteja aprendendo algo relacionado aos objetivos de aprendizagem intencionados pela escola/professores.

Sustentar a atenção (se concentrar), inibindo estímulos distratores até que a pessoa seja capaz de alcançar seu objetivo — o que é chamado de atenção executiva (COSENZA; GUERRA, 2009) — é uma habilidade que se desenvolve ao longo do tempo e acompanha o processo de maturação do córtex pré-frontal e, como acontece com

outros circuitos cerebrais por conta da neuroplasticidade, é possível impactar esse desenvolvimento por meio de treinamento e educação (DEHAENE, 2021). Ainda que essa linha de ensinar alguém a se concentrar possa fazer sentido para ajudarmos os estudantes, outro caminho possível é entender o que torna algo relevante ou significativo — e portanto, digno de atenção — para cada pessoa.

A resposta curta é que o que define relevância e significância varia para cada indivíduo. Mas em geral, são pontos que têm a ver com aquilo que faz sentido em seu contexto, com conhecimentos prévios de cada um, que esteja alinhado às suas expectativas e que seja estimulante/agradável (COSENZA; GUERRA, 2009). Com estas definições, podemos estabelecer bons vínculos com processos avaliativos:

- por uma perspectiva mais global, a ideia da avaliação — principalmente a formativa — é relacionada à ideia de monitorar, acompanhar estudantes e seus processos de aprendizagem. Quando bem realizada e integrada ao processo instrucional, é esperado que estudantes vivenciem experiências mais alinhadas aos seus conhecimentos e expectativas;
- as avaliações diagnósticas, que ocorrem antes ou no início de uma unidade (sequência didática, trilha de aprendizagem, etc.), tem como objetivo não só o levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes, como também pode ser utilizada para mapear interesses, potências e preferências da turma — o que pode ajudar no planejamento de aulas que levam em consideração o perfil dos estudantes.

2.4 Envolvimento ativo e avaliação

O pilar do envolvimento ativo está relacionado às atualizações constantes dos modelos mentais do mundo que estão presentes em nossos cérebros. É importante ressaltar que o envolvimento ativo é um processo que acontece no cérebro, e não fisicamente por meio da ação/movimento (DEHAENE, 2021). Em uma palestra, por exemplo, dois estudantes igualmente parados podem estar em níveis de envolvimento ativo muito distintos: um está focado na palestra e constantemente

repassando mentalmente as informações sendo transmitidas, com palavras e/ou ideias próprias, enquanto o segundo está disperso, simplesmente ouvindo o que está sendo dito; o primeiro está atualizando seu modelo mental do mundo (algo que o segundo não está fazendo) e, portanto, aprendendo de maneira mais eficiente.

Para entender melhor o funcionamento do pilar do envolvimento ativo, faz-se necessária uma breve distinção entre aprendizagem e memória sob a perspectiva da neurociência: a aprendizagem diz respeito ao processo de aquisição de novos conhecimentos, habilidades e atitudes, e a memória ao nível de persistência desses registros no sistema nervoso (COSENZA; GUERRA, 2009).

Quando há um foco excessivo em processos de memorização de conteúdo — o que é característico da pedagogia tradicional — a tendência é que a prática pedagógica se torne repetitiva e enfadonha, e deixe de lado aspectos cruciais do envolvimento ativo como a curiosidade, processos de reflexão profunda e motivação³ (DEHAENE, 2021).

As metodologias ativas, nome dado a um conjunto de estratégias de ensino que colocam os estudantes no centro do processo de aprendizagem ao invés de receptores passivos de informação, apresentam caminhos possíveis de promover o envolvimento ativo do estudante em sala de aula, com diversos estudos que demonstram melhores resultados de aprendizagem em relação a métodos tradicionais (KONOPKA et al., 2015). Entrar no detalhe das diferentes estratégias de ensino que fazem parte do rol de metodologias ativas está fora do escopo deste artigo, mas é importante destacarmos dois pontos relacionados a este assunto:

1. O primeiro é a compreensão de que não existe uma única estratégia milagrosa que promova o envolvimento ativo (e a aprendizagem) mais do que as outras, mas sim um conjunto delas que, de diferentes formas, buscam tirar o estudante do conforto da passividade, podendo funcionar melhor ou pior dependendo do contexto.

³ Memória não é sinônimo de aprendizagem, mas sua importância para a aprendizagem é inquestionável — por este motivo, devemos evitar uma discussão centrada no antagonismo “memorizar × não memorizar”, e direcionar o foco para metodologias que levem à aprendizagem efetiva, além da (e não ao invés de) simples memorização (AMARAL; GUERRA, 2023).

2. O segundo ponto é que, como um termo guarda-chuva, às vezes encontramos algumas estratégias comprovadamente ineficazes sendo identificadas como metodologias ativas. Um grupo dessas estratégias, chamadas de aprendizagem por descoberta pura⁴, promove a ideia da exploração “mão-na-massa” dos estudantes com pouco ou nenhum apoio instrucional, na esperança de que a descoberta genuína promova um aprendizado significativo. O problema com essa abordagem é que sem um direcionamento mais específico, as chances do estudante alcançar os objetivos de aprendizagem são muito baixas — o que foi demonstrado em diversos estudos realizados ao longo de muitos anos (MAYER, 2004).

Processos avaliativos em geral possuem um vínculo natural com o pilar do envolvimento ativo. Mesmo em contextos mais tradicionais, de aulas expositivas, os estudantes sempre estarão minimamente envolvidos no momento da avaliação, trabalhando ativamente nem que seja para realizar um quiz — o que, como já exploramos na seção 2.2 com o trabalho de Roedger (2011), é mais efetivo do que simplesmente ler o conteúdo.

Mas olhando para processo mais alinhados às metodologias ativas, uma proposta que apresenta muitas possibilidades de conexão com a neurociência é o processo avaliativo apresentado no livro *Planejamento para a compreensão* (WIGGINS; MCTIGHE, 2005), uma estrutura (do inglês *framework*) para o planejamento de currículo, avaliação e instrução com a intenção de se desenvolver compreensões duradouras — conhecimentos aplicáveis, transferíveis e significativos — em sala de aula:

- O processo avaliativo, segundo o planejamento para a compreensão, precisa ser composto por diversas evidências, de diferentes tipos (checagens informais da compreensão, observações, diálogos, provas, questionários, atividades acadêmicas, tarefas de desempenho), coletadas ao longo do

⁴ Estas estratégias de aprendizagem por descoberta pura às vezes aparecem como sinônimo ou parte de uma proposta construtivista de educação, gerando críticas ao construtivismo e/ou ao Piaget que podem ser injustas, dada a complexidade de se definir tanto o construtivismo enquanto proposta pedagógica, quanto Piaget enquanto um autor com um grande volume de produção em diferentes áreas (SJØBERG, 2010).

tempo. Amaral e Guerra (2023) defendem que a aprendizagem ativa requer elaboração e tempo para consolidação na memória, e que neste processo é importante que o estudante tenha diversas oportunidades de trabalhar um mesmo conteúdo de formas diferentes, em níveis crescentes de complexidade e de maneira significativa, favorecendo o estabelecimento e o fortalecimento de sinapses, bem como promovendo a ativação mais frequente dos circuitos neurais ligados à informação, o que leva a uma rede de memória mais robusta.

- No planejamento para a compreensão, os projetos são guiados por um conjunto de questões essenciais, que são sustentadas e exploradas ao longo do processo. A recomendação é que, nos momentos avaliativos, estas questões sejam endereçadas, direta ou indiretamente. Dehaene (2021) elenca a curiosidade como uma das bases do envolvimento ativo: uma força que nos motiva a explorar, em busca de aquisição de novas informações. Quando aprendemos algo, nosso circuito dopaminérgico é ativado, trazendo uma sensação de recompensa. E quanto maior a curiosidade em descobrir algo, maior é a retenção da informação na memória.
- Para avaliar compreensões, ferramentas tradicionais como provas e questionários não são suficientes. Faz-se necessário a utilização de tarefas de desempenho autênticas — tarefas que buscam emular uma situação do mundo real, exigindo capacidade de julgamento e poder criativo, envolvendo demandas complexas e multifacetadas que os estudantes precisarão resolver por meio do fazer, mobilizando boa parte de seu repertório de conhecimentos e habilidades.

2.5 Feedback de erros e avaliação

O terceiro pilar do aprendizado proposto por Dehaene (2021) é, provavelmente, o que tem a relação mais forte com a avaliação. *Feedback* é a

informação dada ao aprendiz a respeito de seu desempenho em relação aos objetivos de aprendizagem almejados, com o intuito de apoiar seu aprendizado. É uma prática com grande potencial de impacto no processo de aprendizagem dos estudantes, possível de ser colocada em prática com baixos custos (EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION, 2023), e que pode tomar diversas formas. É válido notar que não só a forma (por exemplo, *feedback* oral ou por escrito) como outras propriedades (quantidade de informação, tempo, reforço ou punição) influenciam em sua efetividade (WISNIEWSKI et al., 2020), mas de forma geral, muito do que será discutido nesta seção está alinhado às quatro qualidades de um *feedback* útil aos estudantes, proposto por Wiggins (MCTIGHE; WILLIS, 2020): ele precisa acontecer o quanto antes for possível; precisa ser específico e descritivo, apontando os pontos positivos e negativos; precisa ser compreensível e acionável, em uma linguagem amigável ao aprendiz, e precisa permitir o auto-ajuste por parte do estudante ao longo do processo de produção.

Para entendermos a importância deste pilar, é necessário olharmos para o papel da surpresa e do erro para a aprendizagem.

Na seção 2.2 citamos que a aprendizagem acontece quando formulamos um modelo mental sobre o mundo externo e comparamos estas hipóteses com o que captamos do mundo real por meio de nossos sentidos. Nesta perspectiva, a surpresa acontece no momento em que identificamos diferenças entre o modelo que criamos internamente — nossas expectativas — e a realidade (DEHAENE, 2021).

Nos anos setenta, os cientistas Robert Rescorla e Allan Wagner elaboraram um modelo que explica a importância da surpresa e do erro na aprendizagem e que tem influências até hoje, como em modelos de inteligência artificial que utilizam regras guiadas por erros (WILSON, 2018), ou em obras atuais da neurociência como é possível ver nos próprios pilares do aprendizado de Dehaene. No modelo Rescorla-Wagner, os processos acontecem da seguinte forma:

1. com base em estímulos sensoriais que precedem algo, o cérebro elabora (calcula) uma previsão, considerando pesos diferentes para cada estímulo.

Aqui podemos ver o pilar da atenção em ação, atuando diretamente na seleção dos estímulos, e do envolvimento ativo na elaboração da predição;

2. o cérebro, então, calcula o que é chamado erro de predição — a diferença entre a predição e o estímulo real recebido. Este cálculo define o grau de surpresa relacionado a cada estímulo, e envolve o pilar do *feedback* de erros na avaliação da predição;
3. por fim, o cérebro utiliza esse sinal de surpresa (que envolve o peso de cada estímulo e o valor do erro de predição) como guia para a reorganização de seu modelo mental interno, com o objetivo de que em uma oportunidade futura a predição esteja mais próxima da realidade (DEHAENE, 2021).

O ponto crucial deste modelo é que se não há surpresa, não há reorganização do modelo mental. Em outras palavras: se não há erro, não há aprendizagem. O erro tem um papel tão central na aprendizagem que praticamente todas as áreas de nosso cérebro são capazes de emitir sinais de erro: áreas de processamento auditivo, de leitura, de processamento visual, entre outras (DEHAENE, 2021).

Dada a importância do erro para a aprendizagem, é fundamental que na prática docente, principalmente em relação à avaliação e *feedback*, o erro não seja encarado como algo a ser punido, mas sim acolhido: uma ideia que muitos educadores já conhecem e buscam intencionalmente, mas que tem algumas sutilezas válidas de serem exploradas.

Um cenário relativamente comum onde há uma relação da qualidade do *feedback* com um possível efeito punitivo é no contexto do aprendizado contrafactual, que é quando aprendemos pelas escolhas que não fizemos. Considere uma questão com duas possibilidades de resposta, A ou B, onde A é a correta. Quando o estudante seleciona B, é lógico pensar que dizer “você errou” é o mesmo que dizer “a resposta correta é A” e, portanto, que o aprendizado nos dois cenários é estritamente o mesmo. O que acontece, entretanto, é que o aprendizado contrafactual depende do recrutamento das regiões dorsolateral e pré frontal do cérebro, áreas que na adolescência ainda se encontram em desenvolvimento (PALMINTERI, 2016) — o que, na prática, significa que a mensagem que chega ao

adolescente quando ele escuta “você errou” é só isso mesmo: uma repreensão, uma punição. Chegar na segunda parte deste processo, que é aprender com o que não foi feito, é uma das funções essenciais de um bom *feedback*, que não é (só) apontar o que foi feito de errado, mas sim o que o estudante pode fazer para melhorar.

Outro impacto do uso punitivo do *feedback* é o seu vínculo com as emoções (e, conseqüentemente, com a aprendizagem). A concepção de que os processos cognitivos e emocionais (a conhecida dupla razão/emoção) são coisas separadas ou até mesmo opostas é uma ideia que pesquisas da neurociência tem desmistificado: os dois processos demonstradamente possuem uma relação de interdependência no cérebro, sendo impossível, de um ponto de vista neurocientífico, construir memórias, tomar decisões significativas ou desenvolver pensamento complexo sem emoções (AMARAL; GUERRA, 2023). Sendo assim, é importante ter atenção com o estado emocional dos estudantes em sala de aula, monitorando, por exemplo, o nível de estresse da turma — o que é impactado diretamente pela cultura de avaliação fomentada pela escola (por exemplo, com a “semana de provas”), da qual, por sua vez, faz parte uma das instituições mais representativas da avaliação na escola: as notas.

Notas, por si só, são pouco efetivas como instrumento de *feedback* e, conseqüentemente, tem pouco potencial para impactar o aprendizado de forma positiva: o que não é possível de se afirmar em relação aos impactos negativos que podem ser gerados pela pressão por boas notas ou pelo caráter classificatório que elas possuem⁵. Mais precisamente, a questão é que notas pouco dizem sobre os porquês e os comos: por que aquela nota específica foi dada, como fazer para melhorar? De forma geral, a ideia é que a nota nunca deve vir descontextualizada, sem informações complementares que falem sobre os diversos porquês e comos, e é importante que os estudantes estejam envolvidos em todo o processo que leva à definição da nota ao final do processo, evitando surpresas que, neste caso, não irão

⁵ Uma das questões com a classificação gerada pelas notas é que, a longo prazo, é um processo que pode influenciar a própria autoimagem do estudante: sou ruim em matemática, nunca vou aprender a ler/escrever. Pesquisas mostram que, em um cenário de igualdade entre os demais fatores, a mentalidade (do inglês *mindset*) da pessoa desempenha um papel importante no aprendizado (DEHAENE, 2021).

trazer contribuições para a aprendizagem — isso porque apesar do erro de predição existir, faltam informações que possibilitem um ajuste preciso do modelo interno.

Há algumas possibilidades de se trabalhar com a avaliação para evitar algumas das questões citadas acima, e caminhar em direção a um lugar de maior acolhimento ao erro. Parte destas possibilidades, que iremos discutir a seguir, envolvem o trabalho com um processo importante para o aprendizado, que é o processo de metacognição.

Metacognição é a cognição da cognição, um conjunto de funções que monitoram os nossos processos mentais, avaliando constantemente o que conhecemos ou não, se estamos certo ou errado, rápido ou devagar (DEHAENE, 2021). No contexto da sala de aula, a metacognição está relacionada ao monitoramento e reflexão que o estudante consegue fazer sobre o seu próprio processo de aprendizagem: algo que depende de estratégias que a maioria dos estudantes não consegue desenvolver espontaneamente, mas que podem ser ensinadas e, portanto, passíveis de serem impactada pela prática docente (AMARAL; GUERRA, 2023).

Uma ferramenta que pode desempenhar um papel central no trabalho com o *feedback* e metacognição é a rubrica (figura 1), um conjunto de critérios coerentes para a avaliação do trabalho do estudante, que inclui descritores de qualidade da performance do estudante para cada critério (BROOKHART, 2013).

	Avançado	Proficiente	Se aproximando da proficiência	Iniciante
Ordem dos estágios do ciclo de vida		Todos os estágios do ciclo de vida estão na ordem correta, com legendas adequadas	Um ou mais estágios do ciclo de vida estão na ordem errada	Não há uma ordem especificada, ou a ordem está incorreta
Ilustrações dos estágios do ciclo de vida	Cada estágio possui uma ilustração sobre o que acontece com o animal neste estágio, com muita	Cada estágio possui uma ilustração que ajuda a mostrar o que acontece com o animal no referido estágio	Algumas das ilustrações dos estágios não mostram o que acontece o animal	As ilustrações não ajudam a mostrar o que acontece com o animal no estágio

	clareza ou detalhamento			
Descrição dos estágios do ciclo de vida	Os estágios são descritos de forma precisa. Os descritores são completos e detalhados.	Os estágios são descritos de forma precisa.	Os estágios são descritos com algumas imprecisões ou com informações faltando	Nenhum estágio é descrito, ou são descritos de forma imprecisa

Figura 1: Exemplo de rubrica para um projeto sobre o ciclo de vida do 3º ano do ensino fundamental. Adaptado de *How to create and use rubrics for formative assessment and grading* (BROOKHART, 2013).

A rubrica, enquanto ferramenta avaliativa, dialoga com uma série de pontos discutidos anteriormente:

- no exemplo da figura 1, ao invés de “avançado, proficiente, se aproximando da proficiência e iniciante”, poderíamos utilizar as notas “A, B, C e D”. Esta é uma das estratégias para tornar mais explícito o porquê da nota, o que acontece ao parear a performance dos estudantes com os descritores da rubrica, e também servindo como um indicador de como os estudantes poderiam melhorar, ao deixar objetivamente descrito o que é esperado em termos de entrega/performance em cada um dos níveis;
- o erro é trabalhado de forma construtiva, pois a avaliação não ocorre em termos de acertos ou em termos de pura classificação (como seria se utilizássemos somente os níveis avançado, proficiente, etc.), mas sim por meio de uma abordagem que direciona o olhar para as características do que é esperado em relação à entrega/apresentação, facilitando o processo de identificação das diferenças entre expectativa e o que foi realizado, guiando de forma mais eficiente o processo de aprendizagem por meio da remodelagem dos modelos mentais;
- seu formato permite que a rubrica seja utilizada em diversos contextos. Ter uma ferramenta de avaliação com a qual os estudantes estejam familiarizados facilita o processo de apropriação da mesma e,

consequentemente, facilita o seu uso em situações de metacognição por meio da avaliação.

Por fim, uma estratégia a respeito do *feedback* que será apresentada utilizando as rubricas como exemplo, mas que se aplica em muitas outras situações: convidar estudantes a participarem do processo.

Ter rubricas envolvidas no processo de avaliação já é um ponto que pode ajudar muito na aprendizagem. Convidar os estudantes a elaborar as rubricas, e também serem as pessoas responsáveis por utilizar a ferramenta para se auto avaliarem e avaliarem seus pares, pode potencializar este impacto. A proposta desta estratégia é estabelecer uma dinâmica na qual estudantes realizam o mesmo processo que professores, como a marcação do nível de uma apresentação (própria ou de colegas) conforme os descritores de uma rubrica, por exemplo. O professor também irá fazer a marcação, mas ela não será simplesmente “entregue” aos estudantes — o que é proposto é que, neste momento, seja feita uma comparação entre as duas marcações (estudantes/professores), uma discussão e, em casos de discrepância, que a marcação final seja alinhada entre ambas as partes (MACKENZIE, 2021). Este processo é potente porque, como foi discutido anteriormente, a orientação do professor é fundamental para o desenvolvimento de estratégias metacognitivas e, sendo assim, o desenho e utilização estruturada e sistemática de instrumentos, bem como o diálogo com estudantes e o convite à sua participação em tomadas de decisão sobre critérios de avaliação, são fundamentais (AMARAL; GUERRA, 2023).

Incorporar todas estas boas práticas de *feedback* (e avaliação de forma geral) em sala de aula sempre se mostra como um desafio de gestão de tempo e atenção. Pensar em bons agrupamentos de estudantes é uma estratégia que pode viabilizar a implementação destas práticas ao reduzir significativamente a necessidade de se falar individualmente com cada um dos estudantes para que eles recebam *feedback* adequado. Uma outra abordagem, complementar os agrupamentos, é pensar no próprio convite feito aos estudantes para participarem dos processos avaliativos como uma estratégia de impacto não só no desenvolvimento da metacognição, mas

também na dinâmica da sala de aula, que deixa de contar com um único avaliador e passa a contar com todos os estudantes. Trevor MacKenzie faz uma pertinente provocação sobre a agência do estudante em processos avaliativos (2021, p. xxii, tradução própria): “Se aqueles que estão avaliando estão aprendendo, por que professores estão trabalhando mais duro do que estudantes?”.

2.6 Consolidação e avaliação

A consolidação, último pilar do aprendizado proposto por Dehaene, está relacionado a mudanças na forma de processamento das informações em nosso cérebro, quando ele passa de um modo lento, consciente e que requer esforço, para um processamento rápido, inconsciente e automático (DEHAENE, 2021).

A importância desse processo para a aprendizagem está relacionada à liberação de recursos em nosso cérebro. Quando estamos aprendendo a ler, por exemplo, além dos circuitos cerebrais relacionados ao processo de leitura (áreas visuais para o reconhecimento de palavras, áreas lobo-temporal para o processamento de fonemas, sílabas e palavras), são ativadas também as regiões parietal e pré-frontal — um reflexo do esforço, atenção e controle executivo consciente necessários nesta etapa do aprendizado da leitura (DEHAENE, 2021). Nesta situação, a atividade de leitura demanda muita energia, e os recursos que restam para a interpretação do conteúdo e constituição de sentido são escassos. Este mesmo processo também ocorre em diversas outras atividades: dirigir, andar de bicicleta, realizar operações matemáticas básicas, etc.

Com o passar do tempo, o cérebro desenvolve circuitos especializados, mais eficientes para o processamento de informações que são encontradas regularmente, e conseqüentemente libera recursos que podem ser alocados para outros processos. Dois fatores que tem grande influência neste processo são o sono e a repetição.

O senso de que o sono desempenha um papel importante para a consolidação da memória não é recente, mas foi somente com os avanços em técnicas de obtenção de imagem do cérebro e após a descoberta dos sonos REM e

NREM⁶ que passamos a ter uma ideia melhor de como o sono ajuda neste processo. Enquanto dormimos, momento em que as condições químicas cerebrais estão propícias à neuroplasticidade, o cérebro forma, elimina, organiza e fortalece sinapses de acordo com o uso e desuso no dia a dia (AMARAL; GUERRA, 2023). Também durante o sono, parte das informações armazenadas temporariamente no hipocampo ao longo do dia migram para o córtex, onde elas são armazenadas de forma mais duradoura — um processo que ajuda não só na consolidação de novas memórias, como também prepara o cérebro para um novo período de aprendizagem ao “liberar espaço” no hipocampo (WALKER, 2017). É importante ressaltar que além da qualidade do sono, uma alimentação equilibrada também gera um impacto neste processo que exige reações químicas e produção de proteínas (AMARAL; GUERRA, 2023).

Por mais que o sono seja fundamental no processo de consolidação, ele fica distante das práticas avaliativas e, por este motivo, para estabelecer o diálogo entre o pilar da consolidação com a avaliação, focaremos no papel da repetição para a consolidação.

A repetição de uma mesma informação, principalmente quando trabalhada por meio de formatos diversos e em diferentes níveis de complexidade, permite que ela possa estabelecer cada vez mais associações com outras informações já armazenadas no cérebro, criando novas conexões neurais e também fortalecendo conexões existentes, favorecendo sua consolidação (AMARAL; GUERRA, 2023).

Uma das formas de se trabalhar com repetição em um processo avaliativo é por meio da prática de lembrar (do inglês *retrieval practice*). Existem diversas formas de se aplicar esta prática em sala de aula (BORYGA, 2022; FERLAZZO, 2021), que consiste em empenhar um esforço interno para se lembrar de uma informação ao invés de buscar esta informação externamente, por meio da releitura ou consultando seus pares, por exemplo (ROEDIGER; BUTLER, 2011). O componente do esforço envolvido na prática de lembrar promove uma maior atividade neural em comparação com o estudo por meio da releitura, o que inclusive ajuda a preparar o

⁶ REM e NREM são siglas para os termos *rapid eye movement* e *non rapid eye movement* (movimento rápido do olho e sem movimento rápido do olho, respectivamente).

cérebro para novos aprendizados, processo que desencadeia uma maior atividade frontoparietal (YE et al., 2020).

Outro aspecto importante ao se trabalhar com a ideia da repetição é o tempo entre os momentos de revisitação do aprendizado, o que é chamado de espaçamento. Diversos estudos mostram que diferenças no espaçamento entre as sessões de prática ou estudo geram impactos no aprendizado, mesmo que o tempo total seja o mesmo (CARPENTER et al., 2022). Não existe um planejamento de espaçamento único que funcione bem em todos os cenários: em geral, o que devemos buscar é a revisitação da informação quando ela estiver caindo no esquecimento, mas antes dela ser esquecida de fato. Na prática, isso significa que no início de um novo processo de aprendizagem, o estudante precisa um contato mais constante com a nova informação para que ele tenha diversas oportunidades de formar, elaborar e fortalecer as novas sinapses e, conforme a informação vai se estabilizando na memória de longo prazo, os espaçamentos podem ir aumentando.

3. PROPOSIÇÃO

Atualmente, no século 21, encontramos uma área de avaliação educacional que bebe de muitas fontes e que, infelizmente, tem caminhado na direção da formação de silos: análises estatísticas separadas da psicologia e educação, psicologia separada do currículo, ensino separado da avaliação, avaliação separada da aprendizagem, educação separada da neurociência e, mais recentemente, toda uma área de inteligência artificial com seus modelos estatísticos sofisticados de redes neurais artificiais que tem se tornado algo mágico e misterioso que ninguém — estudantes, professores, cidadãos — consegue realmente entender (BROWN, 2022).

O presente trabalho almeja seguir no caminho oposto à segregação das áreas no contexto da avaliação educacional, tendo como proposta a criação de um material formativo sobre avaliação que traz ao centro da discussão a relação entre avaliação e aprendizagem, buscando na neurociência as bases para entendermos por que a utilização desta ou aquela ferramenta ou processo avaliativo faz sentido em um determinado contexto.

Considerando não só a natureza interdisciplinar do projeto, mas também a diversidade do público-alvo (educadores), o histórico profissional do autor nas áreas de design e desenvolvimento de software, e um posicionamento em prol da abertura e compartilhamento de conhecimento, foi definido o formato de guia digital interativo *open source* como suporte do projeto:

- por meio do caráter interativo do guia, habilitado principalmente pela estrutura não linear conectada por uma navegação com hiperlinks, possibilita-se que o usuário guie sua própria experiência de navegação, o que permite que cada usuário tenha uma experiência distinta e mais alinhada às suas expectativas. Neste ponto é válido ressaltar a importância do design em tornar essa experiência de navegação agradável;
- ao ter o guia disponibilizado em um site (www.avaliacaoparaaprendizagem.org) seu compartilhamento pelos canais de comunicação vigente, como os aplicativos de mensagem, é facilitado;
- pensando em processos de atualização, o formato digital permite não só que as atualizações aconteçam frequentemente como também sejam distribuídas muito mais rapidamente — o que é um desafio com formatos físicos;
- o componente *open source* — como definido pela *Open Source Initiative* (2024) — por fim, permite que outras pessoas possam contribuir com o guia ou até mesmo criar suas próprias produções utilizando o projeto existente como base, facilitando o compartilhamento e acesso às informações.

Além da utilização do guia digital interativo como suporte, outra importante definição do projeto diz respeito à macroestrutura de organização dos conteúdos. Pensando nas possíveis necessidades dos professores em relação ao tema, foram definidos algumas estruturas principais do projeto:

- a frente dos momentos avaliativos, onde as informações giram em torno do fio condutor das avaliações diagnósticas, formativas e somativas;

- a frente dos pilares do aprendizado, onde as informações giram em torno do fio condutor dos pilares da atenção, envolvimento ativo, *feedback* de erros e consolidação, além de dois destaques para a emoção e a metacognição — dois temas que apesar de não serem oficialmente um dos 4 pilares do aprendizado de Dehaene (2021), aparecem em seu trabalho como temas importantes e que tem ressonância com discussões que o autor do presente projeto presenciou inúmeras vezes em sua vivência na escola;
- o componente transversal da aprendizagem no contexto da escola, que dá uma unidade ao projeto como um todo;
- e por fim, pequenas pílulas de conteúdo com indicações de ferramentas e práticas avaliativas, com o intuito de dar um direcionamento mais prático ao usuário.

Uma representação esquemática desta organização pode ser visualizada na figura 2.

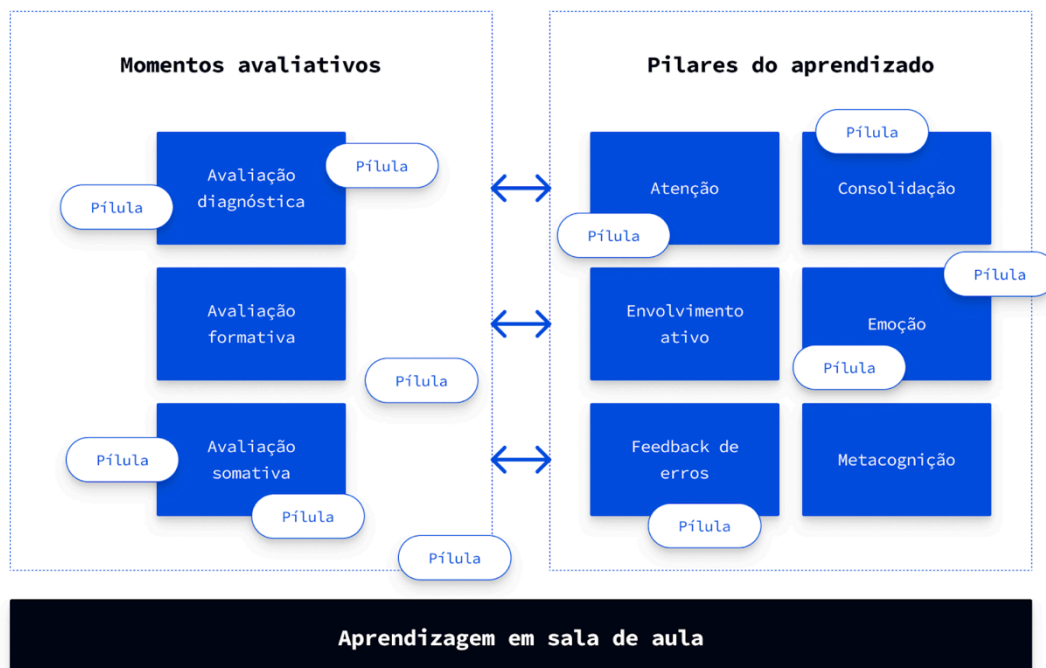


Figura 2: Representação esquemática da estrutura do guia, com os momentos avaliativos e pilares do aprendizado como principais frentes, tendo a aprendizagem em sala de aula como tema transversal, e por fim pílulas de ferramentas e práticas avaliativas em diversos pontos do guia. Elaborado pelo próprio autor.

4. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto contou com três etapas que, apesar de bem definidas enquanto tema ou processo, aconteceram (e acontecem, dado que este é um projeto que não se encerra com este artigo) em tempos não tão bem definidos, de maneira muitas vezes não linear: (1) levantamento de referências, (2) concepção e prototipação, e (3) desenvolvimento.

Um parêntese em relação a este processo: é interessante pensar em como se dá a relação entre a metodologia de projeto de design e o método científico. Ainda que exista uma pretensão do primeiro de se aproximar do segundo, muito do conhecimento procedimental do design é de teor *ad hoc* — o resultado é um processo que, ainda que não seja científico, pode estabelecer diálogos frutíferos com a ciência (VASSÃO, 2010).

Voltando às etapas: a primeira, de levantamento de referências, conta com alguns percursos distintos que se complementam. Em uma primeira camada existem as referências que fazem parte de obras familiares ao autor do trabalho por estarem relacionadas ao seu histórico acadêmico e profissional. De sua atuação na área de avaliação em uma escola da rede privada da cidade de São Paulo, as obras de referência são, na sua maioria, produções norte americanas e alinhadas à proposta pedagógica da escola, baseada em aprendizagem ativa, principalmente por projetos (PBL), e um currículo baseado em compreensões. De sua formação anterior em design e atuação em projetos de inovação, surgem referências que, ainda que não citadas em sua totalidade neste artigo, guiaram o processo de design e desenvolvimento do projeto proposto.

Somando-se a estas referências relacionadas ao histórico do autor, existe em uma segunda camada de referências que foram apresentadas e estudadas ao longo do curso: obras em sua maioria da neurociência, mas também da área da educação.

Por fim, foi realizado um levantamento específico para a elaboração do projeto. O principal método para este levantamento foi a utilização da plataforma Consensus que, utilizando inteligência artificial e um banco de dados composto exclusivamente de artigos científicos, responde às perguntas elaboradas pelo

usuário. Neste processo, a plataforma cumpria a função de um buscador de artigos — as respostas geradas por inteligência artificial foram descartadas, e apenas as fontes originais (os próprios artigos) lidos e interpretados pelo autor.

A fase de concepção e prototipação é intencionalmente definida como uma etapa única pois, apesar de composta por dois processos distintos, onde em geral a prototipação só se inicia após alguns ciclos de refinamento do conceito do projeto, neste caso específico ambos os processos aconteceram de forma interdependente.

A proposta inicial deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) era a escrita de um artigo sobre a mesma temática da avaliação para aprendizagem e possíveis diálogos com a neurociência, mas durante as primeiras iterações com o projeto a ideia do guia digital interativo começou a emergir. Ao invés de utilizar um editor de textos para iniciar a organização do artigo, definir os tópicos e centralizar as referências, foi utilizada a ferramenta Figma, que diferente de um editor de textos possibilita que a organização aconteça em uma forma mais espacial, e não somente linear (Figura 3).



Figura 3: Captura de tela da ferramenta Figma, mostrando a organização inicial (e pessoal) do que seria, neste momento, um artigo. Aqui encontramos uma miscelânea de elementos: possíveis tópicos a serem abordados no artigo (blocos cinzas na esquerda: “*Importance of assessment for the learning*”

process”, “Pre-assessment”, “Formative assessment”, “Summative assessment”), uma tentativa de escrita de um texto introdutório, e blocos de referências como sites e indicações de páginas e tópicos abordados em livros. Elaborado pelo próprio autor.

Ao visualizar a estrutura (ainda que inicial) desta forma, organizada espacialmente em blocos, a ideia de utilizar um formato alternativo à escrita de um artigo como entrega do trabalho começa a tomar forma. Baseando-se na organização inicial e, ainda que não 100% certo do formato e proposta final de entrega do projeto, algumas páginas iniciais do que viria a ser o protótipo do guia digital interativo começaram a surgir (Figura 4). Este é o momento do projeto em que o processo abandona uma suposta linearidade, e passa a progredir com o levantamento de referências, conceituação e prototipação acontecendo ao mesmo tempo, informando umas às outras: conforme o protótipo evoluía o conceito do guia ia tomando forma, conforme novas referências eram adicionadas ao arcabouço teórico do projeto mudanças no protótipo eram necessárias, e conforme premissas conceituais do projeto (apresentadas em sua versão final na seção 3, proposição) eram definidas, abriam-se novas frentes de levantamento de referências e mais mudanças no protótipo.



Figura 4: Captura de tela da ferramenta Figma, mostrando o surgimento do protótipo do guia digital. Os blocos com os possíveis tópicos e as referências da figura 3 são mantidas, mas o conteúdo de fato passa a ser acomodado no formato de uma tela de celular (protótipo do guia). Elaborado pelo próprio autor.

Um exemplo prático desta interação entre as diferentes etapas do projeto é a proposta de navegação não linear. Inicialmente, a ideia era que mesmo em seu formato digital, a navegação ainda seguisse uma narrativa linear, de forma ordenada (Figura 5). Após algumas reflexões suscitadas por novas referências que iam se somando ao projeto, e por meio da análise do próprio protótipo, chega-se à definição da necessidade de uma navegação não linear como uma forma de atender à potencial diversidade de interesses do público-alvo, o que gera alterações do protótipo (Figura 6).

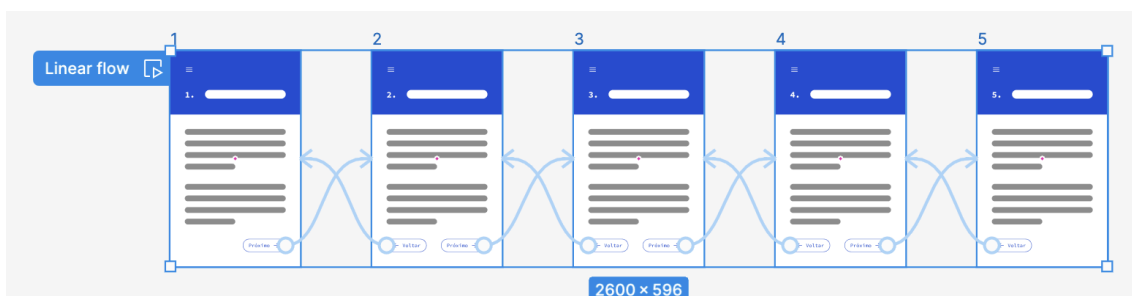


Figura 5: Captura de tela da ferramenta Figma, onde cada bloco numerado (1 a 5) representa uma página do guia digital, e as setas indicam a interação do usuário (um clique que leva a uma página diferente). Aqui vemos a representação visual da primeira proposta de navegação, com uma característica mais linear, onde o fluxo principal de navegação entre as páginas do guia se dá por meio de links (“próximo”, “voltar”) ao final da página, estabelecendo de fato uma leitura que emula o virar de página de um livro físico. Elaborado pelo próprio autor.

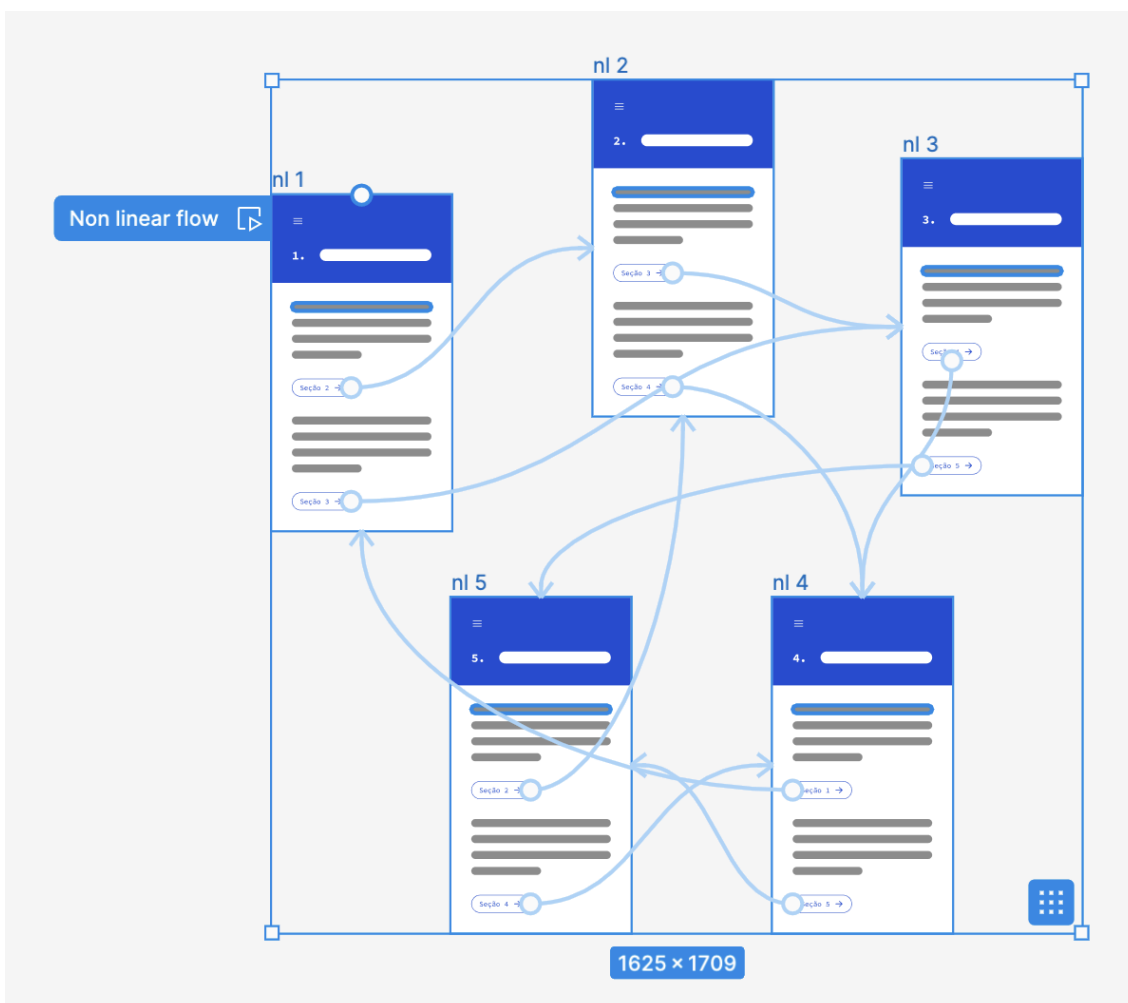


Figura 6: Captura de tela da ferramenta Figma, onde cada bloco numerado (nl 1 a 5) representa uma página do guia digital, e as setas indicam a interação do usuário (um clique que leva a uma página diferente). Aqui vemos a representação visual da navegação não-linear, onde não existe um fluxo principal de leitura das páginas do guia, e os links de navegação ficam espalhados ao longo da página (em oposição ao modelo dos links “próximo” e “voltar” ao final da página). É interessante notar como visualmente há um senso maior de interligação entre as páginas, em comparação ao modelo linear. Elaborado pelo próprio autor.

Por fim, a última etapa do projeto consiste no desenvolvimento (programação) do guia digital interativo. No momento da escrita final deste trabalho (março de 2024), esta é uma etapa que ainda será iniciada e que, apesar de existirem alguns pontos indefinidos como a escolha da linguagem de programação e *framework* a serem utilizados, é possível definir algumas sub-etapas que precisam acontecer para cumprir com as premissas estabelecidas na proposição:

1. criação de um repositório, onde o código fonte será armazenado, versionado e distribuído;

2. inclusão de uma licença *open source* no projeto, permitindo que o código fonte possa ser utilizado por qualquer pessoa/organização interessada;
3. configuração de servidores na nuvem, incluindo o banco de dados a depender das decisões de arquitetura do projeto, para que o guia possa ser acessado pela internet;
4. compra de um domínio e configuração do DNS, permitindo que as pessoas tenham acesso ao guia por meio de uma URL amigável.

Este último ponto, relacionado ao domínio, já foi realizado com o intuito de podermos deixar a URL registrada neste relatório, para acesso futuro: www.avaliacaoparaaprendizagem.org

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O protótipo do projeto⁷ pode ser acessado pelo link e QR code abaixo:

	https://www.figma.com/proto/8twSCqTZtsF5iVBlGkx3gQ/TCC-Avalia%C3%A7%C3%A3o-e-neuroci%C3%Aancia?page-id=0%3A1&type=design&node-id=1-60&viewport=99%2C132%2C0.32&t=Cxhe4PUXPLvka2K8-1&scaling=scale-down&starting-point-node-id=1%3A60&mode=design
---	---

E o guia digital poderá ser acessado pelo link e QR code abaixo, após a finalização de todas as etapas supracitadas:

⁷ Uma versão interativa do guia, produzida com a utilização da ferramenta de design Figma, para fins de planejamento e desenvolvimento. O protótipo emula o que seria o guia de fato que, por sua vez, depende da programação entre outras ações, listadas ao final da seção 4.



Nesta seção, os resultados serão discutidos com base nas três questões orientadoras apresentadas na introdução:

1. Qual o lugar da avaliação na aprendizagem?
2. Qual o lugar da neurociência na educação?
3. Qual o lugar do design na educação?

Uma característica do guia que resulta deste projeto é que ele busca, intencionalmente (*by design*), caminhos alternativos à discussão da avaliação em sala de aula por meio de provas e testes. Não porque estas ferramentas não sejam relevantes, mas sim porque além de serem umas das ferramentas mais tradicionais de avaliação — e conseqüentemente já muito discutidas, revisadas e aprimoradas (BROWN, 2021) —, elas ocupam apenas uma pequena parte do processo avaliativo por uma perspectiva que deixa de ser a de dar notas e classificar estudantes, e passa ser a de motivá-los a aprender (BERGER et al., 2014).

Nesta perspectiva, o termo avaliação está muito mais ligado ao processo da aprendizagem do que à mensuração de resultados (em referência ao termo *evaluation* do inglês), o que demanda a utilização de uma gama variada de métodos e uma visão multidimensional da avaliação (WIGGINS, MCTIGHE, 2005; BACICH, 2020). Ampliar o repertório de ferramentas e processos é importante para garantir uma avaliação equilibrada, pois cada técnica possui seus limites e está sujeita a erros

(WIGGINS; MCTIGHE, 2005) — o guia busca se alinhar a esta visão não só ao apresentar diversas formas de se avaliar, mas também ao estabelecer relações com a neurociência, o que pode ajudar a identificar os limites de cada ferramenta ou processo.

Nesta proposta de estabelecer um diálogo entre a neurociência e educação no contexto dos processos de aprendizagem e avaliação, o guia busca fugir do lugar da neurociência prescritiva, que é o lugar de dizer o que e como fazer a partir das evidências científicas — o que seria um salto enorme entre o neurônio e a sala de aula, impossível de fazê-lo sem atropelos (LOUZADA; MORENO-LOUZADA, 2023).

A posição adotada pelo guia é a de que, para o professor, conhecer sobre as descobertas da neurociência em relação aos processo de aprendizagem pode trazer mais confiança, autonomia e criatividade na seleção de estratégias pedagógicas (com foco nas estratégias de avaliação, neste caso), o que pode contribuir de forma significativa em sua compreensão sobre seu próprio papel de educador e sua relação com a sala de aula (AMARAL; GUERRA, 2022). Para isso, buscou-se uma abordagem que, ao mesmo tempo em que evita colocações prescritivas no formato “se isso, então aquilo”, busca um lugar de proposição de ferramentas e processos que passam pela discussão teórica mas que podem ser aplicados na prática. Avaliar se este equilíbrio entre o pragmático porém não prescritivo almejado pelo projeto foi alcançado de fato é um possível tema de trabalhos futuros, como será discutido na seção 6.

Refletindo sobre a última questão orientadora proposta, a respeito do lugar do design na educação, gostaria de propor um recorte muito específico mas que foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto, que é o design como estratégia de redução da complexidade de um sistema.

A complexidade pode ser definida em função do número de elementos que compõem um sistema ou, de forma similar, como um conjunto muito grande e extenso de coisas simples. E um sistema, por sua vez, pode ser definido como “uma coleção relativamente unificada de objetos que funcionam de maneira coordenada e articulada como um todo” (VASSÃO, 2010, p. 24). Pensando nos temas abordados neste trabalho — educação, neurociência, escola, cérebro, escola, processos de

aprendizagem, o próprio design — é factível afirmar que estamos lidando com sistemas de alto nível de complexidade. Junto a esta definição, é importante considerar também a relação entre complexidade e insanidade e, conseqüentemente, simplicidade e sanidade: relações exploradas pelo designer John Maeda em seu livro *The laws of simplicity* (2006).

Com base nestas definições, entende-se que o apoio na busca pela simplicidade é um dos lugares possíveis do design na educação. É válido frisar que este processo de simplificação é um ato criativo e subjetivo, que não representa um conhecimento definitivo, mas sim temporário, circunstancial e incompleto (VASSÃO, 2010). Ainda que este processo cause reduções da realidade (uma consequência das escolhas do que é retirado do sistema), ele se faz necessário para tornar as informações deste conjunto de sistemas complexos acessíveis e acionáveis. Além disso, considerar o aspecto da sanidade (por meio da simplicidade) em um projeto voltado para uma classe acometida por ansiedade, estresse e depressão — que se agravaram no período pandêmico (SANTOS et al., 2022) — é necessário.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho pretendeu investigar possíveis relações entre avaliação em sala de aula, aprendizagem e neurociência, visando a elaboração de um material formativo voltado para educadores, disponibilizado em formato de guia digital interativo — resultado de um processo envolvendo pesquisa, design e desenvolvimento.

Para atingir o objetivo principal do projeto, de apoiar educadores em suas práticas avaliativas em sala de aula de modo que estas práticas colaborem com o próprio processo de aprendizagem e não somente na mensuração de resultados, definiram-se três objetivos específicos. O primeiro traz a importância de incluir no guia contribuições sob a perspectiva da neurociência — o que significou estabelecer diálogos entre a neurociência e avaliação, e neurociência e aprendizagem. O segundo foi em relação à necessidade do guia atender a uma grande diversidade de potenciais leitores: educadores com formações profissionais distintas e atuação em contextos diferentes um dos outros. E o terceiro objetivo específico era o de tornar

este material o mais acessível possível, tanto em termos de conhecimentos prévios necessários para se beneficiar do conteúdo do guia como em termos de facilidade de acesso ao material. Duas características principais do resultado final conversam com tais objetivos: a organização do guia e o seu formato de acesso/navegação.

O guia foi organizado para apresentar a avaliação em sala de aula a partir da distinção entre avaliação diagnóstica, formativa e somativa para, a partir daí, estabelecer relações com a neurociência; ao mesmo tempo, aborda a aprendizagem pela sistematização dos pilares do aprendizado proposto pelo neurocientista Stanislas Dehaene (2021) para, a partir daí, conectar com práticas e processos avaliativos. Esta organização possibilita que pessoas com diferentes interesses e necessidades iniciais eventualmente cheguem às mesmas informações por caminhos diversos.

Já o formato de guia digital interativo foi pensado para possibilitar uma navegação não linear, possibilitando experiências de leitura distintas de acordo com os interesses do leitor, e também para facilitar o acesso e compartilhamento por meio de aplicativos de mensagem e redes sociais.

No momento de finalização deste artigo (março de 2024), o projeto está em seu estágio final de planejamento e concepção, e início da fase de desenvolvimento, ou seja: é um artigo escrito antes de educadores terem contato com o projeto⁸. Isso deixa de fora das discussões do artigo uma parte central do processo de design, que é a validação com os usuários.

Por mais que em termos de levantamento e metodologia tudo esteja amarrado e justificado, isso não muda o fato de que o guia seja um objeto que, neste momento, existe na cabeça do autor. É só quando o guia estiver publicado que poderemos estudar e observar o fenômeno que é uma pessoa encontrando algo novo no mundo e decidindo o que fazer com tal coisa — algo que depende das

⁸ Pessoas familiarizadas com processos de design podem apontar que, idealmente, antes do desenvolvimento alguns usuários deveriam ter tido contato com o protótipo do produto para fins de testes de usabilidade entre outros tipos de validação com o usuário. Eu concordo com este apontamento, mas o ideal — principalmente em termos de cronograma — não aconteceu, e por este motivo a validação com usuários iniciará com o guia já publicado: o que não é um grande problema, pois a ideia é que o projeto seja constantemente atualizado, seja para acomodar novos conteúdos e funcionalidades ou para melhorias de usabilidade.

experiências anteriores da pessoa (o conhecimento em sua cabeça), da transferência que ela fará deste conhecimento para o que acabou de encontrar, e também das informações que o guia (ou o design do guia) conseguiu efetivamente transmitir para a pessoa (NORMAN, 2002). Esta é, sem dúvidas, uma frente a ser explorada em trabalhos futuros.

Outros dois tópicos importantes que não foram abordados neste artigo, mas que deverão fazer parte das próximas versões do guia e, portanto, potenciais tópicos de trabalhos futuros, são a diferenciação e a inteligência artificial.

Diferenciação é o nome dado às adaptações realizadas no contexto escolar, pautadas pelo respeito às individualidades de cada estudante, com o objetivo maior de ajudar todos os indivíduos a alcançarem seus objetivos pedagógicos. Pode acontecer em diversos níveis: adaptações de currículo, critérios avaliativos, instrução, recursos, entre outros (SMALE-JACOBSE, 2019). Este é um tema que se relaciona diretamente com questões de dificuldades e transtornos de aprendizagem, e que pode encontrar no desenho universal para a aprendizagem (DUA) (CAST, 2024) algumas abordagens de caráter inclusivo, evitando a segregação de estudantes com dificuldades e transtornos. As contribuições da neurociência nas discussões a respeito deste tópico são enormes — elas são a base da proposta do DUA, e também podem enriquecer o debate por outras perspectivas.

Inteligência artificial (IA), por sua vez, é um tema que apesar de existir há muitos anos, se tornou foco de atenção com os avanços da IA generativa, o que inclui os LLMs (grandes modelos de linguagem, do inglês *large language models*) e seus representantes, como o Chat GPT. No contexto da educação, a IA impacta não só por meio de plataformas “*powered by AI*” que já podem ser utilizadas hoje, mas também porque a perspectiva de mudanças que esta tecnologia pode gerar na sociedade é tão grande que faz-se necessário discutir o que significa educar para a era da inteligência artificial (FADEL et al., 2024). Novamente, a neurociência tem um papel relevante nesta discussão — neste caso não só pela perspectiva do aprendizado humano, mas também pela sua influência nos próprios modelos de aprendizado de máquina por trás da IA.

Ainda sobre futuros possíveis: a decisão da utilização de uma licença *open source* para o código fonte deste projeto foi tomada para que o projeto possa se beneficiar não só dos *inputs* de seus usuários, mas também de pessoas que desejem colaborar com a manutenção e evolução do guia. Isso é relevante porque uma característica deste projeto é que ele não é: ele está. Está em desenvolvimento, em breve estará com sua versão inicial em uso, e mais à frente estará sendo revisado, melhorado e repensado em ciclos contínuos — quanto mais aberto à colaboração ele for, maiores as chances dele continuar sendo, sem morrer na permanência.

Estas características, de evolução contínua e abertura, ainda que comuns à projetos no contexto digital (os chamados produtos digitais), tem um paralelo não só com a concepção de Paulo Freire do homem como um ser inconcluso, consciente de sua inconclusão, em permanente movimento em busca do *ser mais* (2022), como também com o processo de construção da ponte entre as áreas da neurociência e educação, que já foram consideradas muito distantes mas que buscam e têm encontrado melhores formas de se aproximar e conectar (LOUZADA; LOUZADA, 2023). Esperamos que por meio desta integração entre áreas — design, educação, neurociência — o projeto do guia possa colaborar na construção desta ponte. Neste caso, com o tijolo (ou viga, a depender de como a metáfora é visualizada) da avaliação.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Ana Luiza Neiva; GUERRA, Leonor Bezerra. **Neurociência e Educação: olhando para o futuro da aprendizagem**. Brasília: SESI/DN, 2022. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/24/33/24331119-5631-42c0-b141-9821064c820c/neurociencia_e_educacao_2022.pdf. Acesso em 10, dez. 2023.

BACICH, Lilian. **Inovação na educação**. Metodologias ativas e a avaliação. 11 fev. 2020. Disponível em: <https://lilianbacich.com/2020/02/11/metodologias-ativas-e-a-avaliacao/>. Acesso em: 28 mai. 2023.

BERGER, Ron et al. **Leaders of their own learning: Transforming schools through student-engaged assessment**. John Wiley & Sons, 2014.

BORYGA, Andrew. **Edutopia**. 7 Ways to Get Retrieval Practice Right. 1 abr. 2022. Disponível em: <https://www.edutopia.org/article/7-ways-get-retrieval-practice-right>. Acesso em: 11 mar. 2024.

BROOKHART, Susan M. **How to create and use rubrics for formative assessment and grading**. Ascd, 2013.

BROWN, Gavin TL. The past, present and future of educational assessment: A transdisciplinary perspective. In: **Frontiers in Education**. Frontiers, 2022. p. 1060633.

CARPENTER, Shana K.; PAN, Steven C.; BUTLER, Andrew C. The science of effective learning with spacing and retrieval practice. **Nature Reviews Psychology**, v. 1, n. 9, p. 496-511, 2022.

CAST. **UDL Guidelines**. The UDL Guidelines. CAST, c2024. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

CHALHOUB, Sidney. A meritocracia é um mito que alimenta as desigualdades, diz Sidney Chalhou. [Entrevista concedida a] Manuel Alves Filho. **Jornal da Unicamp**, junho. 2017. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/06/07/meritocracia-e-um-mito-que-alimenta-desigualdades-diz-sidney-chalhoub>. Acesso em: 13 fev. 2024.

CONSENSUS. **Consensus**, 2024. Disponível em: <https://consensus.app>. Acesso em: 3, mar. 2024.

COSENZA, Ramon; GUERRA, Leonor. **Neurociência e educação**. Artmed Editora, 2009.

DEHAENE, Stanislas. **How we learn: Why brains learn better than any machine... for now**. Penguin, 2021.

EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION. **Education Endowment Foundation**. Teaching and Learning Toolkit. EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION, c2023. Disponível em: <https://educationendowmentfoundation.org.uk/education-evidence/teaching-learning-toolkit>. Acesso em: 28 mai. 2023.

FADEL, Charles; BLACK, Alexis; TAYLOR, Robbie; SLESINSKI, Janet; DUNN, Katie. **Education for the Age of AI**. Center for Curriculum Redesign, 2024.

FERLAZZO, Larry. **Education Week**. Ten Ways to Use Retrieval Practice in the Classroom. 21 fev. 2021. Disponível em: <https://www.edweek.org/teaching-learning/opinion-ten-ways-to-use-retrieval-practice-in-the-classroom/2021/02>. Acesso em: 11 mar. 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 83. ed. Editora Paz e Terra, 2022.

FIGMA. **Figma**, 2024. Disponível em: <https://www.figma.com>. Acesso em: 3, mar. 2024.

KONOPKA, Clóvis Luís; ADAIME, Martha Bohrer; MOSELE, Pedro Henrique. Active teaching and learning methodologies: some considerations. **Creative Education**, v. 6, n. 14, p. 1536-1545, 2015.

LOUZADA, Fernando; MORENO-LOUZADA, Luca. Qual o lugar das neurociências na educação?. **Revista Estudos Culturais**, n. 8, p. 49-60, 2023.

MACKENZIE, Trevor. **Inquiry mindset assessment edition**. Elevate Books Edu, 2021.

MERGULHÃO, Alfredo. PF faz operação contra vazamento de provas do Enem. **O Globo**, Rio de Janeiro, 24 jan. 2024. Educação. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/educacao/enem-e-vestibular/noticia/2024/01/24/pf-faz-operacao-contravazamento-de-provas-do-enem.ghtml>. Disponível em: 13 fev. 2024.

MCTIGHE, Jay; WILLIS, Judy. **Upgrade your teaching: Understanding by design meets neuroscience**. AScD, 2019.

MAEDA, John. **The laws of simplicity**. MIT press, 2006.

MAYER, Richard E. Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning?. **American psychologist**, v. 59, n. 1, p. 14, 2004.

NORMAN, Donald A. **The design of everyday things**. Basic books, 2002.

OPEN SOURCE INITIATIVE. **The Open Source Definition**, 2024. Disponível em: <https://opensource.org/osd>. Acesso em: 3, mar. 2024.

PALMINTERI, Stefano et al. The computational development of reinforcement learning during adolescence. **PLoS computational biology**, v. 12, n. 6, p. e1004953, 2016.

RIBEIRO, Célia. Metacognição: um apoio ao processo de aprendizagem. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 16, p. 109-116, 2003.

ROEDIGER III, Henry L. et al. Test-enhanced learning in the classroom: long-term improvements from quizzing. **Journal of experimental psychology: applied**, v. 17, n. 4, p. 382, 2011.

ROEDIGER, Henry L.; BUTLER, Andrew C. The critical role of retrieval practice in long-term retention. **Trends in cognitive sciences**, v. 15, n. 1, p. 20-27, 2011.

SANTOS, Karine David Andrade; CALDAS, Calila Mireia Pereira; JPD, Silva. **Pandemia da covid-19, saúde mental, apoio social e sentido de vida em professores**. 2022.

SJØBERG, Svein. Constructivism and learning. **International encyclopedia of education**, v. 5, p. 485-490, 2010.

SMALE-JACOBSE, Annemieke E. et al. Differentiated instruction in secondary education: A systematic review of research evidence. **Frontiers in psychology**, v. 10, p. 472176, 2019.

VASSÃO, Caio Adorno. **Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade**. Editora Blucher, 2010.

WALKER, Matthew. **Why we sleep: Unlocking the power of sleep and dreams**. Simon and Schuster, 2017.

WIGGINS, Grant; MCTIGHE, Jay. **Understanding by design**. Ascd, 2005.

WILSON, Robert C. et al. Correction: A mixture of delta-rules approximation to Bayesian inference in change-point problems. **PLoS computational biology**, v. 14, n. 6, p. e1006210, 2018.

WISNIEWSKI, Benedikt; ZIERER, Klaus; HATTIE, John. The power of feedback revisited: A meta-analysis of educational feedback research. **Frontiers in psychology**, v. 10, p. 487662, 2020.

YE, Zhifang et al. Retrieval practice facilitates memory updating by enhancing and differentiating medial prefrontal cortex representations. **ELife**, v. 9, p. e57023, 2020.