

A ASSISTÊNCIA CONTÍNUA AO ESTUDANTE NA AVALIAÇÃO EM MATEMÁTICA EM FORMA DE TEIA

Continuous assistance to student in evaluation in Mathematics in web form

Hendrickson Rogers Melo da Silva

Resumo

Neste artigo, buscou-se recortar a dissertação cujo título é Avaliação em Matemática em forma de Teia com assistência contínua ao avaliando. Apresenta-se esta avaliação (a *teia*) como uma estratégia didática possível de ser construída sem a necessidade de programas computacionais e mesmo assim atingir o ideal de se avaliar personalizadas em meio à coletividade de uma sala de aula, graças aos recursos psicopedagógico-tecnológicos da *teia* com ênfase em sua assistência contínua embasada na ZPD de Vygotsky (1980). Esta pesquisa caracteriza-se como explicativa e experimental.

Palavras-chave: Teia. Avaliação em Matemática. Prova adaptativa. Teorias psicológicas. ZPD.

Abstract

This article sought to cut the dissertation is entitled Assessment in Mathematics shaped web with continuous assistance evaluating. We present this evaluation (the web) as a possible teaching strategy to be built without the need for computer programs and still achieve the ideal of evaluating custom-among the community of the classroom, thanks to psycho-technological resources web with emphasis on their continued assistance grounded in ZPD Vygotsky (1980). This research is characterized as explanatory and experimental.

Keywords: Web. Assessment in Mathematics. Adaptive test. Psychological theories. ZPD.

1 Introdução

A tônica atual das pesquisas e ações dentro do tema avaliação da aprendizagem humana (é importante ser específico, pois a aprendizagem de máquina também está em alta) parece ser a avaliação personalizada no contexto de um ensino híbrido e também personalizado (PIMENTEL et al., 2003; RISSOLI, 2007; KOEDINGER et al., 2013; YUDELSON et al., 2013), a fim de se identificar o nível de aprendizagem real do estudante

(VYGOTSKY, 1980) através de sistemas tutores inteligentes (KOEDINGER et al., 2013).

De acordo com Sakowski e Tóvolli (2015), no Brasil a aplicação desses estudos na educação acontece por meio de pouquíssimas¹ empresas não estatais e, embora essas pesquisadoras afirmem a existência de várias pesquisas nesse sentido, elas reconhecem que a maioria delas se concentra nos departamentos de ciência da computação e não nos departamentos da educação.

Em nossa pesquisa no Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, na Universidade Federal de Alagoas, construímos uma estratégia didática dentro do vasto assunto avaliação em Matemática – a *teia* –, a qual pretende demonstrar a possibilidade de avaliar personalizadas cada estudante de uma sala de aula e sem depender da programação compu-

¹ As autoras apontam uma única dessas empresas como sendo credenciada pelo MEC: a *Geekie*. Disponível em: <<http://www.geekie.com.br>>.

tacional tão onipresente nos já referidos tutores inteligentes. Essa estratégia é um sincretismo das seguintes teorias: Aprendizagem Significativa (AUSUBEL et al., 1980), Zona do Desenvolvimento Proximal (ZDP) e aprendizagem por pares (VYGOTSKY, 1980), Teoria da Resposta ao Item ou TRI (ANDRADE et al., 1998), Avaliação Dinâmica (LUNT, 1994; LIMANA, BRITO, 2008; BRITO, 2011), Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 1994), Teoria da Carga Cognitiva (SWELLER, 1988; MAYER, 2001) e Psicologia da Educação Matemática (BRITO, 2011).

Neste artigo, pretende-se recortar a dissertação cujo tema é Avaliação em Matemática em forma de Teia com assistência contínua ao estudante (ou simplesmente *teia*), primeiramente apresentando-se o construto teórico (ou filosofia) da *teia* e explorando-se a assistência contínua a qual acompanha o estudante durante suas trajetórias na *teia*. Por fim, analisaremos a atuação da assistência contínua em uma das avaliações (*teias*) aplicadas a 46 alunos do ensino básico da Escola Estadual Dra. Eunice de Lemos Campos, localizada em Maceió/AL, durante o segundo semestre de 2015. Todas essas turmas são do professor de Educação Matemática da escola – o autor deste artigo. O trabalho explora os caminhos percorridos pelos estudantes na Avaliação em forma de Teia, os quais geram documentos na forma de planilhas do Excel onde o computador registrou cada decisão tomada durante a realização da atividade *on-line*. Com isso, almejamos demonstrar a possibilidade de uma avaliação personalizada, sem custo para o educador (nem para a escola) e originada pelo educador sem a dependência do departamento de computação.

A pesquisa caracteriza-se como explicativa, pois, de acordo com Gil (2007), a maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão. E também é experimental, uma vez que a assistência contínua foi testada por estudantes, e os resultados são apresentados.

2 A *teia* – uma estratégia didática

A avaliação em forma de Teia (ou simplesmente *teia*) tem como mola propulsora a

aprendizagem contínua mediada pela tecnologia educacional. Concorda-se com Neto (2007, p.110) quando ele diz que virtualizar o ensino tradicional é inútil, de modo que a presença do computador não é aqui um amuleto pedagógico. “O que se pretende é que a tecnologia seja usada como uma ferramenta para a aprendizagem. A postura pedagógica do professor define qual utilização será feita”. A postura proposta por essa estratégia didática é um sincretismo de algumas teorias psicológicas que se assemelham, em sua materialização, à teoria da Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky (1980), com a questão da mediação da aprendizagem por pares sendo substituída pela tecnologia, a qual, se engenhosamente utilizada, pode personalizar a aprendizagem. O construto teórico da *teia* define tal engenharia educacional. Na sequência, passaremos a destacar e também demonstrar a orquestração dessas visões psicopedagógicas componentes da *teia*, sua operacionalidade e sua materialização.

2.1 A avaliação em forma de *teia* e a TRI

Esse estilo de avaliar situa-se no campo das propostas de avaliação em ambientes computacionais, tais como aquele apresentado por Soares et al. (2009, p.137), o qual foi realizado com estudantes recém-chegados à graduação em Matemática, utilizando-se “um programa interativo que oferece um banco de questões, bem como recursos para a criação de novos exercícios: o WIMS – WWW *Interactive Multipurpose Server*, um programa livre que pode ser acessado através de qualquer navegador *web* na internet”. Essa é uma das poucas experiências em avaliação matemática mediada por computador conectado à internet registrada na literatura científica que temos conhecimento. A *teia* é uma prova adaptativa que materializa sua filosofia, fazendo com que o educando possa responder a uma quantidade maior de problemas que estão no seu nível de conhecimento (ou próximo dele). A *teia* dá continuidade aos estudos dessa temática.

O nome da avaliação é facilmente explicado pelo formato de sua estrutura não linear (Apêndice A) – literalmente uma teia de trajetórias possíveis a serem percorridas pelos estudantes (LUNT, 1994; LIMANA, BRITO, 2008; BRITO, 2011) de acordo com suas resoluções/respostas,

possibilidades estas planejadas criteriosamente (como veremos a partir do próximo tópico deste artigo) pelo educador-engenheiro.²

Essa não linearidade da avaliação é planejada e construída através da opção Formulários do pacote de aplicativos *on-line Google Docs*.³ Também faz parte do planejamento da *teia*: a definição da quantidade de ramos (trajetos possíveis dos quais deriva a quantidade de mão de obra para quem está construindo a avaliação e o tempo total de elaboração do questionário interativo); a escolha criteriosa (VERGNAUD, 1986; 1993) do banco de questões (DOUADY, 1986; ROBERT, 1998) e a quantidade e qualidade (MAYER, 2001; 2001b) de assistência contínua e imediata a ser dada ao aprendiz durante seu percurso (SWELLER, 1988; 2003).

Algumas implicações imediatas da implementação do planejamento embasado no constructo teórico da *teia*: o docente colocará em sua *teia* uma assistência à disposição do educando (SWELLER, 1988, 2003); o aluno poderá escolher o nível do problema (ROBERT, 1998) a ser resolvido (modo voluntário) e/ou a *teia* vai conduzi-lo para um item com mais conceitos, caso ele acerte o problema anterior, ou uma questão de nível secundário, sempre que ele errar (modo automático). A primeira ocorre cada vez que ele errar na solução do problema, pois automaticamente a próxima questão será mais simples, procurando seus conceitos subsunçores (AUSUBEL et al., 1980) e seu nível de aprendizagem real (VYGOTSKY, 1994). A segunda forma ocorrerá sempre que o aprendiz sentir-se desconfortável com a questão e escolher a opção pelo problema mais simples, dando-lhe ânimo (obviamente que isto implicará uma quantificação inferior de seu aprendizado, pois ele terá fugido de um proble-

ma mais elaborado ou ideal para um que exige uma gama de conceitos menor ou secundário); o aprendiz poderá escolher se conclui ou se continua o questionário após uma quantidade mínima (antevista pelo engenheiro) de ramos percorridos; o aluno poderá sentir-se motivado ao usar a tecnologia para sua formação (já que costumeiramente a usa para outros fins) e vai revelando em seu trajeto o que sabe resolver sozinho, o que sabe resolver ao receber assistência e o que não sabe ainda (VYGOTSKY, 1980).

A verificação das trajetórias percorridas por uma sala de aula inteira é facilmente realizada como na avaliação de Soares et al. (2009). Dito de outro modo, a correção da prova é simples, pois o planejamento da *teia*, a TRI (será abordada a partir do próximo parágrafo) e o programa Formulários garantem a visualização fácil pelo avaliador do uso que o aprendiz fez de seu conhecimento. Quando o estudante conclui suas trajetórias ele as envia *on-line* ao professor. Os percursos de vários alunos enviados inclusive simultaneamente chegam automaticamente na conta gratuita (aberta pelo docente) no *Google*, na forma de uma planilha do Excel *online* contendo todas as escolhas dos estudantes, possibilitando ao avaliador analisar e quantificar celeremente, de acordo com as respostas dos alunos.

De acordo com Andrade et al. (1998) a Teoria da Resposta ao Item (TRI) é um sofisticado conjunto de modelos matemáticos. Ela serve para mensurar traços latentes, ou seja, qualquer característica de uma pessoa, ou mesmo de uma empresa e outras instituições, os quais só se consegue medir de forma indireta. Para essa teoria, é possível montar um conjunto de perguntas e, a partir das respostas obtidas, construir uma régua para medir aquela característica. Resolver um item (problema/questão) sobre análise combinatória, por exemplo, exige o domínio específico de um conhecimento matemático, de modo que faz sentido fazer uso dessa teoria quando se quer descobrir se o estudante domina o conhecimento do tópico.

Em entrevista⁴ à empresa *Geekie* (mencionada na introdução deste artigo), o pesquisador Dalton Andrade explica que aqui no Brasil se começou a trabalhar com a TRI nos anos 90 no

² Essa expressão é uma referência à complexidade singular de cada indivíduo, apontada pela Psicologia da Educação Matemática (BRITO, 2011) e a engenhosidade necessária à elaboração de uma avaliação dinâmica, mas não necessariamente complicada e trabalhosa para o professor. O docente não precisa ser um programador, mas é necessário que já tenha *domesticado* computador e internet e tenha um banco de dados contendo problemas diversos, e algumas características biopsicossociais de seus alunos (veremos mais adiante o *Big Data*).

³ Disponível em: <www.google.com/docs/about>. Acesso em jun. 2015. Nesse *site* se encontra o tutorial ou manual de uso do programa *on-line* gratuito. Usamos o programa para a realização de nossa ideia original, muito embora ele seja elástico para fins diversos.

⁴ Disponível em: <<http://materiais.geekie.com.br/entenda-atri>>. Acesso em jan. 2016.

Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb). O Enem (Exame Nacional do Ensino Médio) só a adotou a partir de 2009. Nessa mesma entrevista, vários outros especialistas em avaliação foram consultados e, ao mencionarem a TRI aplicada ao Enem, explicaram que:

- (1) As questões que compõem o Banco de Itens do Inep (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais – órgão do Ministério da Educação que é o responsável pelo Enem, tanto do ponto de vista pedagógico quanto logístico), são valoradas de acordo com três habilidades: discriminação (capacidade do item de separar quem domina o conteúdo de quem não o domina); dificuldade (na régua⁵ do Enem, a posição de uma questão está relacionada ao nível de proficiência exigido dos candidatos para que eles assinalem a resposta correta; os itens mais acertados nos pré-testes povoam a base da régua); e adivinhação (essa variável tenta estimar a capacidade de alguém assinalar a resposta correta mesmo que não saiba o necessário sobre um determinado assunto). Os gráficos que relacionam os resultados dos pré-testes e os itens fornecem dados sobre as habilidades de um item.
- (2) A nota mínima e máxima do Enem estão relacionadas aos parâmetros de dificuldades dos itens que compõem a prova, de modo que podem não existir as notas extremas, 0 e 1.000, ou seja, mesmo errando todos os 45 itens do questionário de Matemática, o examinado não recebe zero e, mesmo se outro candidato acertar todos eles, não receberá 1.000 pontos, contrapondo a cultura do zero (aluno que não sabe nada) e a do *CDF* (“cabeça”/“crânio de ferro”, o estudante “sabe-tudo”).
- (3) Uma mesma quantidade de questões acertadas por estudantes diferentes pode resultar em pontuações distintas, pois se considera que o conhecimento seja cumulativo, e o domínio de habilidades

mais complexas requer o domínio de habilidades mais simples. Por isso, espera-se que o estudante acerte as questões com nível de dificuldade abaixo do seu nível de conhecimento e tenda a errar as questões que exigem um nível de conhecimento superior ao que ele possui. Assim, acertos aleatórios, não coerentes, tendem a valer menos na estimação da proficiência do candidato. Não há punição do tipo pontuação negativa (perda de pontos), mas uma tentativa de onisciência matemática por meio da TRI.

- (4) Graças em boa parte à TRI, o Enem é um instrumento confiável de mensuração do desempenho dos estudantes brasileiros. Por outro lado, a montanha de dados gerados raramente tem servido para aperfeiçoar o ensino na prática. O Enem poderia ser um roteiro do que é necessário para formar estudantes qualificados, mas essa chance tem sido, na maioria dos casos, pouco aproveitada. No Brasil você tem muitos dados, mas eles não são de fácil leitura. O Inep vê a avaliação como fim, não como meio. Para os educadores ela é meio. Traduzir o resultado da avaliação em ação pedagógica não é fácil. É necessário montar um plano de ensino e uma sequência didática, saber o que o aluno domina e o que é necessário ele aprender, etapa por etapa, para chegar a uma pontuação maior. Não se trata de apagar incêndios, mas criar um ciclo de trabalho.
- (5) Avaliações baseadas em questões e não no conjunto da prova, como a TRI, exigem um grande volume de itens de qualidade, capazes de aferir o desempenho de candidatos. É preciso continuar ampliando o Banco Nacional de Itens. O crescimento do banco também é requisito para o desenvolvimento de provas adaptativas. Nelas, o computador submete as questões ao aluno de acordo com a resposta ao item anterior. O objetivo é ter um exame o mais personalizado possível e *on-line*.

A TRI aplicada à *teia* consiste na valoração prévia dos itens pelo professor, durante o planejamento da avaliação, objetivando a ga-

⁵ No pré-teste, grupos restritos de alunos respondem a lotes de questões que serão incluídas em edições futuras do Enem. As que apresentam grande índice de acerto vão para a base da régua do exame; as de média dificuldade povoam o centro, e as difíceis, o topo.

rantia de que a quantificação do conhecimento manifestado pelo aluno, em sua trajetória, seja ao mesmo tempo menos trabalhosa para o docente (programas como o Excel calcularão a pontuação, por exemplo) e mais coerente com a tentativa de espelhamento (*feedback* ao aluno sobre seu percurso intacto), informando ao educando não apenas sua nota, mas a régua usada nesse processo (itens acertados, seus valores, quantidade de assistências solicitadas, etc.). No Apêndice B, podemos visualizar um exemplo concreto do que acabamos de abstrair

O mecanismo automático (ou modo automático, visto anteriormente) embora não extinga a possibilidade de palpite (o conhecido *chute*) por parte do estudante, diminui consideravelmente sua probabilidade, uma vez que tal mecanismo só envia um item com um nível maior quando o aluno acerta um item com um nível secundário ou quando ele acerta uma questão que já era de nível ideal (tópico 3 mais acima). Além do mais, em todos os itens o educando tem a opção “Não entendi/preciso de ajuda” (recurso da assistência contínua, o qual exploraremos mais adiante), e mesmo após a assistência, quando esta não beneficiou sua memória (ou apontou para uma possível não aprendizagem do tema), ele pode escolher um item secundário, talvez mais adequado ao seu conhecimento naquele momento.

Ou seja, a estratégia da *teia* imita um conjunto sofisticado de modelos matemáticos (TRI), mas o faz com uma engenharia psicopedagógica-tecnológica elaborada sem o auxílio de um *expert* em computação e sem fazer uso de qualquer recurso de programação computacional. É a própria postura pedagógica do professor (NETO, 2007) refletida e reproduzida no uso que ele faz das TIC e TDIC. O armazenamento dos dados coletados por *teias* em uma turma inteira é feito gratuita e automaticamente pelo *Google*, possibilitando ao docente, ao coordenador pedagógico, aos pais dos estudantes, aos próprios estudantes, etc., a visualização fácil, disponível a todo tempo (sempre que o professor liberar a planilha que contém as trajetórias) e a tomada de ações pedagógicas a partir desses dados (tópico 4, mencionado mais acima).

Mostraremos na sequência como essa postura pedagógica não é um simples decalque da TRI, mas é motivada e abalizada por outras teorias científicas.

2.2 Os itens de uma teia estão no contexto da Aprendizagem Significativa

No início do ano letivo de 2015, todos os alunos do autor deste artigo e da escola mencionada na introdução foram submetidos à primeira *teia* do ano: uma Sondagem Biopsicossociológica, uma espécie de avaliação diagnóstica (AUSUBEL et al., 1980) *on-line*⁶ que se ramifica de acordo com os dados informados pelo aprendiz ou é personalizada a partir das respostas do aluno (prova adaptativa), cujo propósito vai além de descobrir os conceitos subsunçores ausubelianos (conhecimento já existente na estrutura cognitiva do estudante), descobrindo também informações pessoais que formam uma espécie de *Big Data* (megadados) de cada aluno (RIGO et al., 2014) auxiliando o educador em sua personalização do fazer-ensinar-avaliar Matemática e na afetividade (SISTO; MARTINELLI, 2006), o que contribui solidamente na tomada de decisões dentro da relação professor-aluno (SOUTO, 2003; BRITO, 2011) ao longo de todo o ano letivo.

As questões matemáticas presentes na Sondagem, bem como em todas as avaliações (mediadas por computador e as no papel) ao longo do ano estão dentro da seguinte sequência didática embasada na Aprendizagem Significativa de Ausubel et al. (1980): 1) aula presencial; 2) videoaulas colocadas no Blog do Prof. H (Ambiente Virtual de Aprendizagem – AVA); 3) exercícios do livro (evitando-se o consumo de papel com listas de exercícios extras), com diálogo entre cada aluno da sala e seu educador matemático (SISTO; MARTINELLI, 2006) e a observação dos cadernos de todos; 4) Quiz do prof. H *on-line* e *off-line* também depositado no AVA (este questionário possui *feedback* imediato em cada questão, e ao final o estudante recebe do aplicativo seu percentual de acertos e a quantidade de questões acertadas de primeira); 5) Lista de exercício *on-line* (estilo ENEM); 6) Avaliação em forma de Teia *on-line*; 7) Avaliação presencial (a única que demanda papel extra).

Essa sequência é um ciclo de trabalho mensal ou bimestral de ensino que consegue suprir a carência apontada por Soares et al. (2009) em sua avaliação automatizada – a ausência de registros escritos pelo educando. Aqui tal

⁶ No Apêndice B, pode-se ver a capa dessa sondagem.

lacuna é preenchida, por exemplo, pela Avaliação presencial (7º item da sequência), a qual é realizada com o uso de papel cujo objetivo é descobrir quais ferramentas, objetos e quadros (DOUADY, 1987) o aluno usou na resolução de problemas e, portanto, como o conhecimento ofertado foi personalizado por ele e organizado por escrito na resolução das situações propostas (DUVAL, 2003).

A teoria da Aprendizagem Significativa é o conceito central da teoria de Ausubel (1968) e foi esmiuçada mais adiante por ele juntamente com os pesquisadores Novak e Hanesian (AUSUBEL et al., 1980). Eles a definem como a aprendizagem que acontece quando as ideias novas são vinculadas a informações ou conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa, portanto, ocorre somente quando uma nova informação relaciona-se a um aspecto da base de formação conceitual do aluno. Durante esse processo, há uma interação entre a nova informação e certa estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva de um aprendiz.

Embora não sejam dados exemplos específicos no ensino de Matemática dentro dessa teoria (SILVA; DE JESUS, 2004), dada sua abrangência, é possível aplicarmos com precisão as seguintes características ausubelianas: *organizadores prévios* – na sondagem mencionada no início deste tópico são colocados alguns problemas não específicos (mais gerais e abrangentes do que os que virão após as aulas) que buscam as ideias presentes na estrutura cognitiva do estudante entrevistado, as quais sinalizam o que ele já conhece sobre o que lhe será oportunizado mais adiante. Ausubel et al. (1980) recomenda o uso desses organizadores prévios para acelerar o processo de descoberta dos subsunçores e/ou de ativação deles, tornando-os ancoradouros do novo conhecimento. Tais problemas pretendem ensinar a contextualização sociocultural referente ao conteúdo e manipulação da cognição do estudante, favorecendo a aprendizagem significativa.

De acordo com Moreira e Masini (1982), um organizador prévio ou antecipatório possui o princípio da *diferenciação progressiva*, o qual comporta as ideias gerais a serem colocadas diante do aluno, primeiramente, para posterior-

mente serem progressivamente diferenciadas quanto aos detalhes e à especificidade. Outra característica mencionada pelos pesquisadores é a *reconciliação integradora* – princípio utilizado quando se exploram as relações entre proposições e conceitos, evidenciando semelhanças e diferenças, reconciliando inconsistências reais e aparentes. Esses recursos estão presentes na assistência contínua ao aprendiz e serão destacados dentro da estratégia didática aqui explorada, mais adiante.

2.3 A teia é uma Avaliação Dinâmica

De acordo com a psicóloga e pesquisadora em Educação Matemática Márcia Brito (2011), a ideia de Avaliação Dinâmica se materializa quando os estudantes aprendem não apenas nas aulas, entre as avaliações, mas também durante as avaliações, sendo a aprendizagem um fenômeno contínuo envolto em situações de teste-intervenção-reteste. Quando um problema é resolvido de maneira incorreta, o *feedback* pode ocorrer para o educando, auxiliando-o o quanto antes para que ele tenha condições de acertar o tópico e dominar o Campo Conceitual (estudaremos mais adiante) relativo a ele. A (pre) ocupação do docente é com correção e superação das dificuldades do aluno, dentro do contexto de uma interação dinâmica, de um relacionamento intenso entre o aprendiz e o educador – afeto e Matemática.

Esse estilo de avaliar é prospectivo e evidencia os dados qualitativos; seu escopo é compreender a relação entre o aprendizado e o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Fundamenta-se na noção de que as habilidades cognitivas são modificáveis e que existe algum tipo de zona de desenvolvimento proximal (VYGOTSKY apud LUNT, 1994), a qual representa a diferença entre a capacidade latente e a habilidade realmente desenvolvida; essa filosofia avaliativa procura medir essa zona ou algo análogo a ela. Também investiga a trajetória da aprendizagem do indivíduo e como ele usa o conteúdo aprendido, permitindo um “diagnóstico” da aprendizagem, avaliando o processo/trajeto e não apenas o produto. Avalia a maneira de o aprendiz trabalhar com o conhecimento aprendido; e a construção da avaliação é um momento de planejamento; leva-se em conta não

o que e quanto um estudante aprendeu, mas sim o que ele é capaz de fazer com o conhecimento aprendido. Tudo isto traz um *feedback* para o próprio avaliador quanto a suas estratégias de ensino, oportunizando sugestões úteis (LIMANA; BRITO, 2008).

2.4 A teia está dentro do contexto da aprendizagem via conceitualização (Teoria dos Campos Conceituais)

Para o proponente dessa teoria, o matemático e psicólogo Gerard Vergnaud (1986; 1994), campo conceitual é “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente interligados durante o processo de aquisição” (VERGNAUD, 1986, p.40). Dominar determinado campo conceitual, então, é o mesmo que ser capaz de resolver problemas que contêm o conceito a ser avaliado, com níveis de interação com outros conceitos e de complexidade diferentes. O conceito equação, por exemplo, é estudado ao longo de todo o ensino fundamental, interagindo com outros conceitos como proporcionalidade, verbo, gráfico, etc. (conceitos matemáticos e não matemáticos), e seu nível de complexidade aumenta com o passar das séries até que o estudante chegue ao nível dos sistemas de equações lineares e polinômios, também conectados a conceitos antigos e novos para o aluno.

Segundo a psicóloga Magina (2005), “a aquisição do conhecimento se dá, em geral, por meio de situações e problemas com os quais o aluno tem alguma familiaridade, o que implica dizer que a origem do conhecimento tem características locais” (p.3). A pesquisadora ainda cita Vergnaud (1994) dizendo que o conhecimento adquirido pelo aprendiz pode ser explícito ou implícito. No primeiro caso, o estudante pode expressá-lo com “linguagem natural, esquemas e diagramas, sentenças formais, etc.” (p.4), enquanto no segundo caso o aluno pode fazer uso do conceito aprendido durante a resolução de um problema, mas sem conseguir explicar as razões de seu proceder. Ela enfatiza o fato de que, em sua teoria, Vergnaud (1994) afirma que o docente deve identificar quais conceitos seus alunos usam explicitamente e quais são

os que eles usam, embora corretamente, sem o desenvolvimento adequado a ponto de serem explícitos. Faz-se ainda a proposição de que o professor procure “entender quais foram os meios utilizados pelo seu aluno para realizar a tarefa solicitada, já que o aluno pode utilizar diferentes caminhos para produzir uma resposta correta, mesmo que esta inclua exercícios que não aceitem mais do que uma resposta certa” (MAGINA, 2005, p.5).

2.5 Na teia há minimização da sobrecarga cognitiva e promoção de uma assistência contínua ao aprendiz

O psicólogo John Sweller (1982; 2003; 2006) define carga cognitiva como “um construto representando a carga que a realização de uma tarefa particular impõe no sistema cognitivo [...]”. A carga mental se refere à carga imposta pela demanda da tarefa” (SWELLER, 1998, p.266, apud SOUZA, 2010, p.42). Souza (2010, p.32-33), na construção de sua dissertação, entrou em contato com o próprio Sweller, comprovando isso apresentando *e-mails* trocados entre eles nos anexos de seu trabalho; ele cita um exemplo simples e objetivo que contribui na compreensão da teoria ora analisada:

Se $Y = X + 8$, $X = Z + 4$ e $Z = 10$, encontre o valor de Y . Um principiante, ao utilizar a estratégia da Análise Meios-Fins para encontrar a solução deste problema focalizará sua atenção primeiramente no objetivo (Estado Final); encontrar Y . Porém, como $Y = X + 8$, ele só poderá encontrar o valor de Y se souber o valor de X . Então, encontrar X passa a ser seu subobjetivo. Porém, como $X = Z + 4$, ele só poderá encontrar o valor de X se souber o valor de Z . Então, encontrar o valor de “ Z ” se torna também um subobjetivo. Relendo a questão, ele verificará que o valor de Z é um dado fornecido ($Z = 10$). Esse valor pode ser substituído na equação $X = Z + 4$ obtendo-se assim o valor $X = 14$ que por sua vez deverá ser substituído na equação $Y = X + 8$ obtendo-se o valor $Y = 22$, que é o objetivo (Estado Final) do problema. Observa-se de

um modo geral que a utilização da Análise Meios Fins por um principiante⁷ para resolver um problema resulta em uma demanda considerável da capacidade da Memória de Trabalho, eis que ele tem de manter simultaneamente em mente o objetivo, os subobjetivos e as prováveis operações associadas a esses. Essa demanda sobre a memória de trabalho, quando excessiva, pode ser prejudicial para a aprendizagem. (SWELLER; LEVINE, 1982)

Para evitar que questões de Matemática excedam os limites da capacidade da Memória de Trabalho, fazendo com que o raciocínio e a aprendizagem fiquem abaixo do desempenho esperado, essa teoria propõe 29 diretrizes. Em suas pesquisas anteriores à formulação de tais diretrizes, Sweller verificou experimentalmente que resolver muitos problemas estudando apenas poucos exemplos resultava numa aprendizagem demorada devido à sobrecarga na Memória de Trabalho. A técnica chamada Efeito do Problema Resolvido resolvia as dificuldades originadas pela técnica Meios-Fins abordada anteriormente. Obviamente todo professor sabe que os exemplos são necessários. “Contudo, a novidade é a comprovada eficiência dos exemplos, que, ao substituírem os exercícios a resolver, conseguem resultados de aprendizagem equivalentes em menor tempo e com menor esforço” (CLARK; NGUYEN; SWELLER, 2006, p.190, apud SANTOS, 2010, p.38); ou seja, um educador matemático que oferece a seus alunos

uma lista de problemas que possui dentro de si vários deles resolvidos está usando a teoria da carga cognitiva a favor da aprendizagem e, cientificamente falando, terá uma probabilidade maior de sucesso em relação ao professor das listas tradicionais.

Dando continuidade às pesquisas sobre a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller, o psicólogo Richard Mayer elaborou ainda seis princípios que demonstraram minimizar as sobrecargas cognitivas, aumentando as chances de um processo cognitivo de aprendizagem bem-sucedido. De acordo com Mayer (2001), o professor deve levar em consideração o fato de que, ao se usar a Tecnologia Digital da Informação e Comunicação (TDIC), faz-se uso de recursos que atingem mais de um canal de percepção simultaneamente – por exemplo, a visão e a audição –, acarretando uma sobrecarga cognitiva a qual pode causar confusão e até mesmo desestímulo ao aprendiz.

Os princípios de Mayer (2001b) instruem afirmando que na construção de conteúdos e materiais de ensino devem ser ponderados os três principais tipos de carga cognitiva:

1) Carga cognitiva intrínseca, a qual é imposta pela complexidade do conteúdo/material usado no ensino.

2) Carga cognitiva natural (ou relevante), a qual é gerada por quaisquer atividades de ensino-aprendizagem.

3) Carga cognitiva externa ao conteúdo (ou irrelevante), a qual não contribui para a construção e automação de esquemas, ou seja, é a carga a ser evitada pelo educador, pois desperdiça a memória de trabalho que já sofre exigências das cargas anteriores.

Assim sendo, deve-se controlar a carga intrínseca associada à TDIC dispondo o material de modo a otimizar a quantidade de objetos interativos. Interatividade não precisa significar sobrecarga cognitiva, o saldo negativo entre as cargas; antes, pode ser a ferramenta desta época a ser usada em prol do fazer-ensinar-avaliar Matemática. Mas, novamente, depende-se da postura pedagógico-tecnológica do docente.

3 Planejando a assistência contínua

Pesquisas como a de Pimentel et al. (2003) representam bem a preocupação hodierna com uma educação que corresponda ao acumulado

⁷ A Teoria da Carga Cognitiva fundamenta-se em esquemas objetivando diminuir a Carga Cognitiva (a expressão também se refere à carga sobre a Memória de Trabalho durante a aprendizagem, em que essa memória não tem somente a função de armazenamento, mas também de gerenciamento de informações). Tais esquemas permitem que muitos elementos sejam manipulados como um único elemento na Memória de Trabalho, e, como resultado, mais capacidade de Memória de Trabalho é liberada. Esquemas são estruturas mentais utilizadas para organizar o conhecimento (SWELLER, 2003). Os esquemas permitem que os *experts* resolvedores de problemas categorizem problemas, reconheçam estados/situações de certa categoria de problema e, conseqüentemente, possam resolvê-los. Já os principiantes não possuem esquemas, e por isso são incapazes de categorizar problemas. Eles não têm alternativa a não ser se engajar em técnicas de buscas tais como a “tentativa-e-erro”, ou a análise Meios-Fins (LARKIN; SIMON, 1980 apud SOUZA, 2010).

do conhecimento tecnológico pela humanidade e que se utilize desse legado para educar o sujeito em meio a coletividade (DA SILVA; COLODETE, 2015a). No entanto, D’Ambrosio (2013) afirma explicitamente que a educação do sujeito – seu desenvolvimento cognitivo e sua cidadania – pode ser sabotada pelo próprio estilo usado para a verificação da aprendizagem quando este ignora as diferenças entre os educandos. Propomos a *teia* como uma contrapartida a essa realidade ao demonstrarmos que ela possui, entre outros recursos, uma assistência contínua ao aprendiz, apoiando-se nas ideias de Lev Vygotsky.

Na perspectiva de Vygotsky (1980), exercer o ofício de professor de Matemática exige competência em dar assistência ao educando, de modo que ele consiga alcançar e aplicar um nível de conhecimento mais elevado do que lhe seria possível sem ajuda.

Nogueira (2001) oportuniza um estudo resumido sobre obras de Vygotsky e obras de autores que também o estudaram. Ali o pesquisador chega à conclusão de que não é a aula que capacita o estudante a atuar no limite de seu potencial, mas sim a assistência que lhe é oferecida dentro do contexto da interação social de Vygotsky. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) nasceu enquanto seu autor estudava duas avaliações: a avaliação das habilidades cognitivas das crianças e a avaliação da aprendizagem. Na primeira, Vygotsky buscava verificar o nível de desempenho individual da criança (ou seu nível atual de desenvolvimento) e o nível que seria capaz de alcançar – nível potencial de desenvolvimento. Na segunda situação ele argumentava que a aula “só é boa quando faz prosseguir o desenvolvimento, quando desperta e põe em marcha funções que estão em processo de maturação ou na ZDP” (NOGUEIRA, 2001, p.6). Por outro lado, ele destacava que a aprendizagem envolve a indução numa determinada cultura através da ação de membros mais experientes dessa cultura, de modo que Vygotsky descrevia o desenvolvimento atual caracterizando retrospectivamente o desenvolvimento do sujeito,

enquanto a ZDP caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente.

Desse modo, a ZDP “permite delinear o futuro imediato da criança e o seu estado dinâmico de desenvolvimento” (NOGUEIRA, 2001, p.6). Ela representa a diferença entre o que o aprendiz pode fazer individualmente e aquilo que é capaz de fazer com a ajuda de pessoas mais experimentadas, como outros colegas *craques* no tema, ou o professor, ou (e aqui elencamos o melhor dos recursos pedagógicos da *teia*:) a assistência remota do professor através do planejamento e da tecnologia (chamamos também de *professor onipresente*). Nogueira (2001) ainda cita Vygotsky (1978) explicando que se um estudante possui dificuldade com um problema de aritmética e o docente o resolve diante dele, esse aluno poderá compreender essa solução rapidamente. Caso contrário, o professor poderá repetir inúmeras vezes a aula, e o estudante continuará com sua dificuldade.

No próximo tópico deste artigo, apresentam-se alguns trechos de *teias* percorridas e o efeito do *professor onipresente* precisamente condizente com a ZPD e/ou sua calibragem nesse sentido para que ele alcance seu propósito.

4 Experimentação


A introdução de uma *teia* é seu primeiro item. Este é igual para todos os alunos. A partir dele o estudante opta por escolher: 1) respondê-lo, 2) utilizar-se da assistência ou 3) trocá-lo por um item com menos conceitos (VERGNAUD, 1994), de acordo com um critério de classificação de níveis pesquisados por Aline Robert (1998). Na *teia*, os níveis se elevam e diminuem dentro de duas faixas – itens ideais e itens secundários – onde o educador encaixa os problemas de acordo com seu conhecimento da turma (conhecimento atual) e o que ele deseja para ela (conhecimento potencial). No entanto, esses são parâmetros da TRI da *teia* que estão subservientes a seu propósito maior, o qual é descobrir o conhecimento real individual em meio à coletividade da sala de aula.

Figura 1 – Primeiro item da *teia* sobre Análise Combinatória/2015 aplicada aos 46 estudantes.

INTRODUÇÃO À TEIA – Questão 1 (UFAM)

Questão 1:
 A soma $2+2=4$ está...
 (Assinalar uma resposta qualquer):

a) Certa
 b) Correcta
 c) Exacta
 d) Bem feita



Uma prova de matemática consta 8 questões das quais o aluno deve escolher 6. De quantas formas ele poderá escolher as 6 questões? *

28
 58
 "Prof. H, me dê uma ajuda por favor" (;-)
 336
 56
 1680

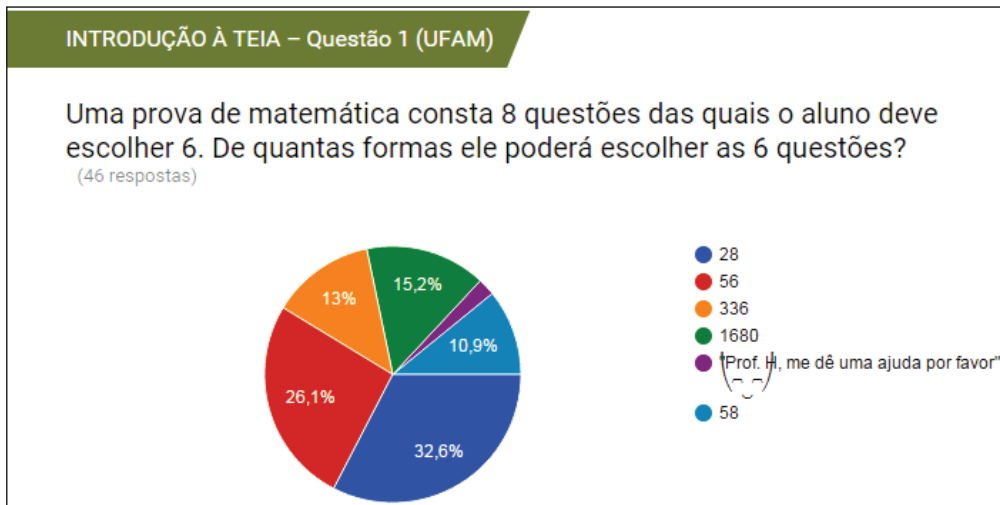
Fonte: <http://blogdoprofh.com/2016/02/01/avaliacao-em-forma-de-teia-sobre-analise-combinatoria>.
 Elaboração própria, 2016.

Na figura acima se pode ter um vislumbre das teorias sobre as quais nossa estratégia didática se fundamenta: uma imagem como elemento motivacional (DE BURIASCO et al., 2009), mas sem sobrecarregar a memória de trabalho (MAYER, 2001); a presença da *carinha* amigosa ao lado da opção por ajuda, correspondendo à linguagem virtual do estudante (BORBA et al., 2014) e oportunizando empatia; ensinar e re-

lembrar ao educando a importância de palavras como “por favor”, “obrigado”, etc. mesmo quando se está interagindo com o humano através de uma máquina, funciona, como se pode constatar em Da Silva e Luiz (2015b).

O gráfico fornecido pelo próprio *Google* nos fornece as escolhas dos alunos diante desse primeiro item:

Figura 2 – Reação dos estudantes ao primeiro item em gráfico circular.



Fonte: acesso após o *login* do docente em sua conta no *Google*.

A expressão *Big Data* mencionada no início deste artigo (RIGO et al., 2014) pode ser compreendida ainda melhor após a imagem acima. Tudo da *teia* é guardado minuciosamente e transformado em gráficos para melhor visualização e comparação automaticamente, oportunizando ao professor usar essas informações em benefício de seu fazer-ensinar-avaliar, em função da efetiva aprendizagem de seus alunos e outras tantas ações pedagógicas. Essa informação gerada também faz parte do que chamamos TRI da *teia*.

Nota-se claramente que das 46 respostas coletadas, ou seja, dos 46 alunos que interagiram com esse item, uma pequena fatia correspondente a um deles solicitou a assistência.

Procurando um problema em que se utilizou mais o *professor onipresente*, encontramos o quarto item secundário – seis alunos pediram a assistência. A assistência nesse item ocorreu por meio de uma mudança de quadro (DOUADY, 1986) ou de representação semiótica (DUVAL, 2003) no enunciado da questão. O resultado foi o seguinte: um terço dos que receberam a ajuda a entenderam e quiseram retornar ao mesmo item para resolvê-lo. Esses acertaram o item. Metade dos seis estudantes não entendeu a ajuda e pediu para pular esse item. O último aluno afirmou ter entendido a assistência, quis retornar ao problema para solucioná-lo, mas errou.

A tabela que segue resume o experimento e aponta as possíveis ações pedagógicas que os dados sugerem:

Tabela 1 – Resumo da atuação da assistência contínua e ações pedagógicas cabíveis.

Itens	Ideais	Secundários	(Re)Ações aos dados
1	Seis alunos solicitaram a ajuda. Entre estes, um pulou o item após informar que continuou sem entender a questão. Os demais agradeceram pela ajuda, retornaram ao item, mas o responderam incorretamente.	Nenhum estudante pediu ajuda.	Melhorar a técnica do Efeito do Problema Resolvido (TEPR) (SWELLER, 1988) na assistência ao primeiro item da <i>teia</i> , objetivando-se a diminuição da incoerência ocorrida com 5/6 dos solicitantes. Analisar o aproveitamento do item secundário pelos que passaram por ele.
2	Um aluno pediu assistência. Agradeceu por ela, voltou ao item e o acertou.	Um aluno pediu assistência. Agradeceu por ela, voltou ao item e não o acertou.	Investigar a razão do aluno do item secundário achar que entendeu a assistência. Ou se foi uma falta de atenção somente na hora de assinalar a alternativa.
3	Um aluno pediu assistência. Agradeceu por ela, voltou ao item e não o acertou.	Quatro alunos pediram ajuda. Os quatro afirmaram compreendê-la e retornaram ao item para resolvê-lo. Metade deles acertou.	Investigar a causa dos três alunos que erraram a questão, mesmo declarando entender a assistência. a) Melhorar a TEPR? b) A leitura/interpretação de texto dos estudantes? c) Esperar até chegar a época da prova escrita para enxergar as mudanças de quadro deles (DOUÁDY, 1986) ou seus registros de representação semiótica (DUVAL, 2003) escritos no papel?
4	Dois alunos pediram assistência, e os dois erraram o item ao retorná-lo.	Caso já mencionado fora da tabela.	Idem?
5	Ninguém pediu assistência.	Três alunos acessaram a assistência, voltaram ao item, mas o erraram.	Descobrir o aproveitamento do quinto item ideal. Melhorar a TEPR.
6	Um estudante pediu ajuda, mas em seguida decidiu pular o item.	Um aluno pediu a assistência, retornou ao item e o errou.	Esperar até chegar a época da prova escrita para enxergar as mudanças de quadro deles (DOUÁDY, 1986) ou seus registros de representação semiótica (DUVAL, 2003) escritos no papel.
7	Um aluno solicitou ajuda, mas escolheu pular o problema logo em seguida.	Três alunos acessaram a assistência, voltaram ao item, mas o erraram.	No caso da assistência ao item secundário, rever a TEPR, pois ela pode não ter acontecido ali.
8	Ninguém pediu ajuda.	Um estudante escolheu pular o item, após solicitar ajuda. Outro decidiu encerrar sua prova sem resolver essa questão.	Descobrir o aproveitamento dos 46 alunos em relação ao 8º item ideal. Investigar se o primeiro aluno acertou o item seguinte e se o segundo teve um bom aproveitamento dos sete itens anteriores.
9	Ninguém pediu ajuda.	Três estudantes pediram ajuda. Dois deles agradeceram a ajuda, retornaram ao item e o acertaram. O outro também agradeceu e retornou à questão, mas não a acertou.	Investigar o aproveitamento da questão nove ideal. A aprendizagem por pares parece ter acontecido em 2/3 dos que estiveram a resolver o item secundário. Verificar o histórico da <i>teia</i> do aluno que errou o item, procurando por mais explicações.
10	Dois alunos pediram ajuda. Os dois agradeceram e retornaram ao item. Um se saiu bem o outro não.	Dois estudantes solicitaram assistência. Os dois receberam-na, agradeceram e voltaram ao problema. Ambos acertaram o item.	Possivelmente, três quartos desses estudantes usufruíram da teoria de Vygotsky (1980) presente no recurso assistencial síncrono da <i>teia</i> . Investigar o histórico do aluno que errou o item idem para obter mais informação sobre sua aprendizagem.

5 Considerações finais

Encerra-se aqui uma parte das pesquisas realizadas para a construção da dissertação sobre a *teia* como uma estratégia didática.

Explicou-se o funcionamento da *teia*, a interação entre as teorias psicológicas que lhe suportam, bem como a presença da TRI e seus objetivos no campo da avaliação da aprendizagem humana.

O modelo de avaliação em Matemática procurou evidenciar sua estreita ligação com a ZDP vygotskyana cada vez que ofereceu o recurso da assistência aos estudantes, em que o computador tornou o professor *onipresente* e pronto para auxiliar o aluno em sua dificuldade pessoal, ainda que esta fosse diferente da (e/ou simultaneamente a) dificuldade dos outros 45 alunos que também tiveram seus percursos capturados pela *teia* e transformados em *Big Data* ou megadados, baseados nos quais se pode investigar mais concretamente a respeito da aprendizagem de cada um individualmente. Os dados da *teia* sobre Análise Combinatória oportunizaram uma gama de ações pedagógicas específicas tanto para a coletividade de uma sala de aula quanto para as singularidades cognitivas de cada sujeito da sala.

Nossas próximas pesquisas investigarão como apresentar em forma de artigo científico as riquezas das informações pedagógicas coletadas no percurso de um único estudante e as muitas possibilidades de se melhorar o fazer-ensinar-avaliar Matemática por meio desses dados. Objetivamos ainda pormenorizar a presença da TRI e sua implicação na quantificação do conhecimento colhido numa *teia*.

Referências

- ANDRADE, Dalton Francisco de; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha. Introdução à teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações. *Estudos em Avaliação Educacional*, v.18, p.13-32, 1998.
- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: A Cognitive View*. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. *Psicologia educacional*. Interamericana, 1980.
- BORBA, M. de C.; SCUCUGLIA, R.; GADANIDIS, G. Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática. São Paulo: Autêntica, 2014.
- D'AMBRÓSIO, Ubiratan. Por que se ensina Matemática. *Disciplina a distância oferecida pela SBEM*. Disponível em: <http://www.ciadaescola.com.br/eventos/reuniao2004/natureza/pos/por-que-seensina-matematica.pdf>, 2013.
- DA SILVA, Hendrickson Rogers Melo; COLODETE, Maria Fabris. *Avaliação em matemática em forma de rede, com tecnologia autoinstrucional on-line e off-line, presencial ou a distância*. 2015. 28f. Artigo (Pós-Graduação em Educação Matemática), Escola Superior Aberta do Brasil (ESAB), Vila Velha, 2015a.
- DA SILVA, Hendrickson Rogers Melo; LUIZ, Miriã Lúcia. *O uso do blog como um ambiente virtual de aprendizagem e ambiente de treinamento prático para o exercício da tutoria on-line*. 2015. 20f. Artigo (Pós-Graduação em Formação Docente para Atuação em Educação a Distância), Escola Superior Aberta do Brasil (ESAB), Vila Velha, 2015b.
- DE BURIASCO, Regina Luzia Corio; FERREIRA, Pamela Emanuelli Alves; CIANI, Andréia Büttner. Avaliação como prática de investigação (alguns apontamentos). *Boletim de Educação Matemática*, v.22, n.33, p.69-95, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2912/291221900005.pdf>>. Acesso em jul. 2015.
- DOUADY, Régine. Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, v.7, p.2, 1986.
- DUVAL, Raymond. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em matemática. *Aprendizagem em matemática: registros de representação semiótica*. Campinas: Papirus, p.11-33, 2003.
- KOEDINGER, K. R. et al. New potentials for data-driven intelligent tutoring system development and optimization. *The AI Magazine*, v.34, n.3, p.27-41, 2013.
- MAYER, Richard. Cognitive Constraints on Multimedia Learning: When Presenting More Material Results in Less Understanding. *Journal of Educational Psychology*. Vol. 93, Nº 1, 187-198. 2001.
- MOREIRA, Marcos Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- NETO, José Augusto de Melo. *Tecnologia educacional: formação de professores no labirinto de ciberespaço*. Rio de Janeiro: MEMVAVMEM, 2007.
- NOGUEIRA, Carlos Fino. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, v.14, n.2, 2001.

PIMENTEL, Edson Pinheiro; FRANÇA, Vilma Fernandes de; OMAR, Nizam. A caminho de um ambiente de avaliação e acompanhamento contínuo da aprendizagem em Programação de Computadores. In: *II Workshop de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais (WEIMIG'2003)*. Poços de Caldas, MG, Brasil. 2003.

RIGO, S. J. et al. Minerando dados educacionais com foco na evasão escolar: oportunidades, desafios e necessidades. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v.22, n.1, 19 maio 2014.

RISSOLI, Vandor Roberto Vilardi. *Uma proposta metodológica de acompanhamento personalizado para aprendizagem significativa apoiada por um assistente virtual de ensino inteligente*. 2007. 224 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROBERT, Aline. Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au Lycée et à l'Université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v.18, n.2, p.139-190, 1998.

SAKOWSKI, Patrícia Alessandra Morita; TÓVOLI, Marina Haddad. *Perspectivas da Complexidade para a Educação no Brasil*. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4642/1/td_2107.pdf>. Acesso em: dez. 2015. Brasília: Ipea, 2015.

SILVA, Romeu Carlos Oliveira; DE JESUS, Marcos Antonio Santos. Análise de uma estratégia de ensino-aprendizagem de números complexos com

uso de organizadores prévios. *Revista Ceciliana*, n.21, p.131-142, 2004.

SISTO, Fermio Fernandes; MARTINELLI, Selma de Cassia. *Afetividade e dificuldades de aprendizagem: uma abordagem psicopedagógica*. Vetor, 2006.

SOARES, José M. et al. Instrumentação Tecnológica e Realimentação no Processo de Avaliação para o Ensino de Matemática na Universidade: um método baseado na Engenharia Didática. *Bolema*, Rio Claro (SP), ano 22, n.34, p.131-152, 2009.

SOUTO, Maria Aparecida Martins. *Diagnóstico online do Estilo Cognitivo de Aprendizagem do Aluno em um Ambiente Adaptativo de Ensino e Aprendizagem na web: uma abordagem empírica baseada na sua trajetória de aprendizagem*. 2003. 147f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SWELLER, John. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, v.12, n.2, p.257-285, 1988.

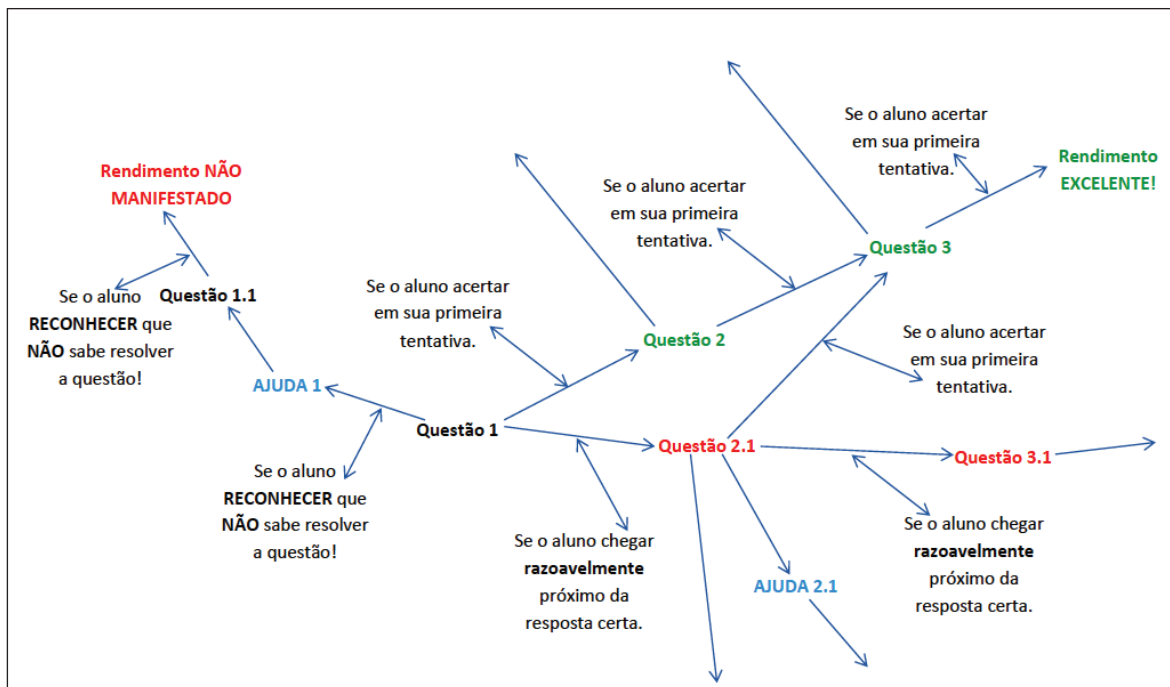
VERGNAUD, G. Epistemology and Psychology of Mathematics Education. In: NESHER; KILPATRICK. *Cognition and Practice*. Cambridge Press: Cambridge, 1994.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press, 1980.

YUDELSON, Michael V.; KOEDINGER, Kenneth R.; GORDON, Geoffrey J. Individualized bayesian knowledge tracing models. In: *Artificial Intelligence in Education*. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p.171-180.

Hendrickson Rogers Melo da Silva – Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Professor Titular I no Centro Universitário CESMAC. Educador Matemático do Estado de Alagoas há 10 anos. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFAL. Área de concentração: Ensino de Matemática. Especialista em Educação Matemática. Especialista em Educação a Distância.

Apêndice A – Esboço das possibilidades de trajetórias/ramificações dentro da *teia*; problemas distribuídos estrategicamente.



Fonte: a pesquisa.

Apêndice B – Exemplo da TRI aplicada a *teia* usando-se o programa Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Questão 1		0,5		0,45														
2	Questão 2		0,6		0,55														
3	Questão 3		0,7		0,65														
4	Questão 4		0,85		0,75														
5	Questão 5		0,95		0,8														
6	Questão 6		1		0,85														
7	Questão 7		1,2		0,9														
8	Questão 8		1,3		0,95														
9	Questão 9		1,4		1														
10	Questão 10		1,5		1,1														
11	Nota		10		8														
12																			
13	Tabela TRI da Teia																		

Questões Ideais										
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Nota 1
1		1				1				2,05
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Nota 2
				1				1	1	1
Questões secundárias										Nota Final
										5,85

Fonte: a pesquisa.