

O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO ELEMENTO SINALIZADOR DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CÁLCULO¹
(The use of concept maps as an indicator of significant learning in Calculus)

Naíma Soltau Ferrão [nsferrao@gmail.com]

Ana Lúcia Manrique [manrique@pucsp.br]

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP

Rua Marquês de Paranaguá, 111 – Prédio 1 – 2º andar – Consolação

CEP 01303-050, São Paulo, SP, Brasil

Resumo

Este artigo traz reflexões e resultados de uma pesquisa que objetivou aplicar e analisar a utilização de mapas conceituais no Ensino Superior como elemento sinalizador da aprendizagem significativa do objeto matemático derivada com estudantes que já cursaram Cálculo Diferencial e Integral. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, situada no campo da Educação Matemática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na técnica de Mapeamento Conceitual de Novak. Como instrumentos de aquisição de dados, utilizamos observações de sala de aula, questionário, *brainstorming* e mapas conceituais digitais produzidos por licenciandos de um curso de Física. Para a análise definimos quatro aspectos a serem observados nos mapas construídos pelos estudantes: (i) validade das proposições formadas com os conceitos; (ii) hierarquização; (iii) ligações cruzadas entre as proposições; e (vi) presença de aplicações. A identificação desses elementos, que tomamos como referência para analisar os mapas, possibilitou a obtenção de informações a respeito do modo como cada estudante estruturou e correlacionou o conjunto de conceitos aprendidos sobre a derivada de uma função ao longo de seu curso. Com base nos resultados obtidos, identificamos nos mapas conceituais instrumentos eficazes para avaliar a aprendizagem significativa dos estudantes em conteúdos específicos do Cálculo Diferencial e Integral a partir dos conceitos de hierarquização, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa definidos na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Palavras-chave: Educação Matemática; ensino superior; Cálculo Diferencial e Integral; mapas conceituais digitais; aprendizagem significativa.

Abstract

This paper contains reflections and results of a research that aimed to apply and analyze the use of concept maps in Higher Education as an indicator of significant learning concerning derivative as mathematical object with students that finished Differential and Integral Calculus. This is a qualitative approach, situated in the area of mathematics education, based on Ausubel's Theory of Meaningful Learning and on technique of Novak's Concept Mapping. As data acquisition instruments, use of classroom observations, questionnaire, brainstorming and digital conceptual mapping, made by an undergraduate physics course. To analyze we defined four aspects to be observed in the maps constructed by students: (i) validity of propositions formed with concepts, (ii) hierarchization, (iii) cross-links between the propositions, and (vi) the presence of applications. The identification of these elements, taken as reference to analyze the maps, allowed the collection of information about how each student has structured and correlated the set of concepts learned on the derivative of a function along their course. Based on the results, we have identified in the digital conceptual maps effective tools to evaluate the students in terms of meaningful learning about specific contents of Differential and Integral Calculus by the hierarchy of concepts, progressive differentiation and integrative reconciliation as defined in the Theory of Meaningful Learning.

Keywords: mathematics education; higher education; differential and integral calculus; digital conceptual maps; meaningful learning.

¹ Apoio parcial da CAPES

Considerações iniciais

No cenário internacional, as primeiras pesquisas na área de Educação Matemática abordando aspectos da aprendizagem matemática universitária começaram a surgir no final de 1980 quando o Ensino Médio e o Superior ganharam a atenção dos pesquisadores, especificamente no que se refere à investigação do processo de ensino e da aprendizagem da matemática (Fiorentini e Lorenzato, 2006).

Nasser (2009) destaca que o baixo desempenho dos estudantes ingressantes em cursos superiores nas disciplinas que envolvem conteúdos do Cálculo é uma das preocupações presentes na comunidade de pesquisadores em Educação Matemática. Temas relacionados à disciplina de Cálculo Diferencial e Integral (CDI), como dificuldades na aprendizagem, o baixo rendimento dos estudantes, os altos índices de reprovação e a evasão dos cursos, constituem-se em sérios problemas educacionais e são recorrentes em publicações e eventos nacionais e internacionais na área de Educação Matemática, Engenharia e Matemática Aplicada, como por exemplo, os estudos de Holton (2001), Mamona-Downs e Downs (2008), Souza Junior e Meyer (2002), Cândido, Barufi e Monteiro (2004), Cury (2009), Nasser (2007, 2009), Bisognin e Bisognin (2011) entre outros.

Em pesquisa sobre as causas das dificuldades de aprendizagem do Cálculo, Holton (2001) percebeu que o aumento do número e diversidade de estudantes no Ensino Superior nas últimas décadas, além de provocar mudanças no ensino de matemática, está diretamente ligado à redução do rendimento médio dos estudantes nos primeiros anos e destaca que o aumento significativo de ingressantes no nível superior, não teve contrapartida proporcional no número de graduados em Matemática.

Souza Junior e Meyer (2002) afirmam que, no Brasil, o ensino de Cálculo é responsável pelo grande número de reprovações e pela evasão de estudantes universitários. Porém, Nasser (2009) destaca que este cenário é mundial, presente em todos os cursos que possuem conteúdos matemáticos na grade curricular e não se restringe aos estudantes brasileiros ou a cursos de Matemática.

Segundo Mamona-Downs e Downs (2008), dentre as principais dificuldades apontadas em estudos internacionais que analisam as atitudes e crenças dos estudantes que frequentam cursos de Matemática no nível superior estão: a falta de compreensão devido ao ritmo de apresentação dos conteúdos; o grau de abstração e rigor matemático exigidos nos cursos; a incapacidade para executar manipulações matemáticas rotineiras e a incapacidade de perceber a utilidade dos conteúdos estudados para o exercício da carreira profissional escolhida. Para Cândido, Barufi e Monteiro:

A introdução de ideias abstratas como a noção de limite, por exemplo, constitui um passo difícil porque implica em uma mudança profunda na maneira de raciocinar e obriga o aluno a desenvolver uma sofisticada mudança do nível de reflexão na busca da compreensão do assunto (Cândido, Barufi e Monteiro, 2004, p. 2).

Por outro lado, pesquisas como as de Meyer (2003), Nasser (2007, 2009), Cury (2009) e Bisognin e Bisognin (2011) nos levam a perceber que algumas das dificuldades na aprendizagem do Cálculo podem ser atribuídas à falta de conhecimentos básicos de Matemática ou à compreensão equivocada de conceitos estudados nos níveis anteriores de ensino e, embora partam de teorias distintas, ressaltam a importância do conhecimento prévio do estudante para o entendimento dos conteúdos ministrados em Cálculo Diferencial e Integral.

Nasser (2007), por exemplo, analisando os dados de uma pesquisa envolvendo estudantes do ciclo básico do curso de Engenharia Industrial Têxtil oriundos de diversos estados brasileiros, constatou a falta de experiências prévias referentes tanto ao raciocínio lógico quanto ao traçado e análise de gráficos.

Os resultados apresentados por Cury (2009), em pesquisa sobre o erro em Cálculo Diferencial e Integral, feita com calouros em oito instituições do estado do Rio Grande do Sul em disciplinas matemáticas dos cursos de Engenharia, Arquitetura, Ciências Contábeis e licenciatura em Matemática, evidenciam que os maiores problemas não estão relacionados diretamente com o domínio de técnicas para o cálculo de limites, derivadas e integrais, mas sim com o aprendizado de conteúdos tratados no Ensino Fundamental e Médio, tais como simplificações algébricas, produtos notáveis, resolução de equações, conceito de funções e traçado de gráficos cartesianos.

Diante do exposto, Cury (2009) acredita ser de extrema importância uma avaliação diagnóstica das dificuldades de cada turma antes de iniciar a instrução para que se possa adaptar o ensino às necessidades dos estudantes e, assim, indiretamente, atenuar o alto índice de desistência e reprovações.

Especificamente em relação ao conceito de derivada, Meyer observou em sua prática docente que:

[...] os alunos, após cursarem a disciplina de Cálculo I, são capazes de determinar a função derivada de diversas funções, utilizando-se de regras e procedimentos algébricos, ou mesmo de reproduzir a definição formal de derivada de uma função. Mas, frequentemente, produzem significados para este conceito que não são compartilhados pela comunidade matemática e, portanto, não correspondendo aos significados pretendidos pelo sistema educacional (Meyer, 2003, p. 4).

É preocupante que tais dificuldades apontadas nas pesquisas, estendam-se para além da graduação. A investigação de Bisognin e Bisognin (2011), por exemplo, relata as dificuldades de professores em formação continuada, que participavam de um mestrado em Ensino de Matemática com a interpretação gráfica de conceitos e propriedades de função, tangente, limite e derivada – todos estes, conceitos fundamentais na matemática de nível superior cuja compreensão tem implicações na resolução de problemas, no exercício da profissão e na perpetuação das dificuldades; inclusive para os futuros estudantes destes professores.

A mesma conjuntura, apontada nos estudos de Cury (2009) e de Bisognin e Bisognin (2011), foi percebida em nossa prática docente, mais especificamente, como professora de disciplinas matemáticas do Ensino Superior em três instituições de ensino diferentes – uma no Rio Grande do Sul e duas no estado de Minas Gerais. Também percebemos que estudantes do ensino presencial compartilhavam as mesmas dificuldades observadas nos estudantes de cursos a distância e estas eram independentes da área do curso, do tipo de instituição pública ou privada e até mesmo independente da região do país.

Estas percepções e inquietações conduziram-nos à leituras e pesquisas em busca de métodos ou ferramentas que favorecessem o processo de ensino e de aprendizagem do Cálculo e auxiliassem os estudantes a estabelecer vínculos entre os conceitos matemáticos estudados no Ensino Superior e aqueles vistos em níveis anteriores de ensino.

Partindo da premissa ausubeliana de que “aquilo que o estudante sabe” influencia diretamente em sua aprendizagem (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980), tornou-se fundamental a busca por ferramentas ou métodos que permitissem identificar, avaliar e validar o conjunto de conhecimentos que cada estudante possui sobre um determinado tema antes de iniciar a instrução. Nesta mesma linha de pensamento, Toigo, Moreira e Costa afirmam que:

Uma vez que os professores sejam capazes de identificar os conhecimentos prévios dos alunos, poderão organizar com mais facilidade e coerência o ensino segundo as necessidades dos mesmos (Toigo, Moreira e Costa, 2012, p. 311, tradução livre nossa).

Os mapas conceituais são ferramentas de representação gráfica do conhecimento e, segundo Novak e Gowin (1996), são instrumentos capazes de identificar “o que o estudante já sabe” e de representar a organização dos conceitos em sua estrutura cognitiva².

Para Moreira, utilizar mapas conceituais como instrumento de avaliação da aprendizagem trata-se:

[...] basicamente de uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas entre conceitos-chave da matéria de ensino segundo o ponto de vista do aluno. É mais apropriada para uma avaliação qualitativa, formativa, da aprendizagem (Moreira, 2010, p. 5).

Seguimos Moreira ao definir avaliação como processo de se obter informações sobre o modo como o estudante “estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina” (Moreira, 2006, p. 55) e, no nosso caso, do conceito de derivada de uma função.

Neste contexto, adotamos a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Técnica do Mapeamento Conceitual de Novak por terem se mostrado as concepções teóricas e metodológicas mais adequadas e compatíveis com a perspectiva deste trabalho no que se refere à avaliação da aprendizagem dos estudantes em conteúdos do Cálculo Diferencial e Integral.

Nosso objetivo é apresentar aqui os resultados obtidos em uma pesquisa efetuada no âmbito de mestrado acadêmico e desenvolvida no Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. A questão de investigação – Como mapas conceituais podem ser utilizados no Ensino Superior como elemento sinalizador da aprendizagem significativa dos estudantes em relação a um determinado tema? – orientou tanto a elaboração e o desenvolvimento da pesquisa, quanto a análise dos dados obtidos.

Na primeira parte deste artigo apresentamos sucintamente as principais ideias que fundamentam tanto o processo de construção e utilização de mapas conceituais quanto a nossa investigação. Em seguida descrevemos a metodologia adotada, os instrumentos utilizados e o perfil dos sujeitos que compõe o grupo de participantes do estudo. Finalizamos com a análise dos dados obtidos e discussão dos resultados.

A teoria da aprendizagem significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel (1980, 2002), focaliza a aprendizagem que ocorre no contexto do ensino formal ordinário (escolar) e busca explicar como aprendemos e retemos um novo conhecimento.

Pozo define aprendizagem significativa como “um processo no qual o que aprendemos é o produto da informação nova interpretada à luz daquilo que sabemos” (Pozo, 1998, p. 32).

A aprendizagem na perspectiva ausubeliana deve ser vista como:

[...] um processo contínuo (porque é progressivo), pessoal (por sua natureza idiossincrática), intencional (visto que é impossível aprender pelo outro), ativo (porque requer atividade mental), dinâmico, recursivo (não linear), de interação (entre a nova informação e o conhecimento prévio) e interativo (porque se estabelece entre sujeitos) – que gera um produto sempre provisório, caracterizado por um conhecimento particular, produzido em um momento e contexto particular (Lemos, 2011, p. 49).

² Por estrutura cognitiva no contexto da aprendizagem de certos assuntos refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento (Moreira, 2006).

A afirmação central desta teoria, que nos interessa particularmente aqui, é a de que a aprendizagem significativa resulta da interação não arbitrária e substantiva entre o conhecimento novo e aqueles estáveis, disponíveis e organizados de forma hierárquica na estrutura cognitiva do estudante. Por esse motivo, o repertório de conhecimentos que o estudante possui constitui-se no elemento fundamental ou no fator que mais influencia em sua aprendizagem (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

A organização, a clareza, a estabilidade e presença de ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz são, segundo Ausubel, imprescindíveis para a aquisição de significados precisos e inequívocos.

Conceitos relevantes e inclusivos, uma vez claros e disponíveis na estrutura cognitiva atuam como pontos de ancoragem e são conhecidos, no âmbito da TAS como subsunçores. Um subsunçor pode ser entendido como:

[...] um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de “ancoradouro” a nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (i.e. que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação) (Moreira, 2006, p. 15).

No Cálculo Diferencial, por exemplo, para compreender a interpretação geométrica da derivada, o aprendiz precisa ter clara a noção de ‘reta tangente’ à curva. Outros conceitos como ‘razão’, ‘variação’ e ‘coeficiente angular’ também servirão de subsunçores para a aquisição do conceito de derivada. Porém, a presença dos subsunçores, por si só, não garante a ocorrência da aprendizagem significativa.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) ressaltam que a aprendizagem significativa vista como processo pressupõe:

- Que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, os materiais devem ser lógicos e passíveis de se relacionar com as ideias relevantes ancoradas;
- Existência de ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz que sirvam de âncora para a aprendizagem do novo conteúdo; e
- Motivação e intenção do estudante em aprender.

Das três condições necessárias para que o aprendizado seja significativo, a única sobre a qual o professor não tem controle direto é a predisposição do estudante em aprender. Por outro lado, Novak e Cañas argumentam que:

O controle indireto sobre essa escolha encontra-se, essencialmente, nas estratégias de ensino e nas estratégias de avaliação usadas. Estratégias de ensino que enfatizam o relacionamento do conhecimento novo com o conhecimento já existente do aprendiz favorecem a aprendizagem significativa. Estratégias de avaliação que incentivam os aprendizes a relacionar as ideias que possuem com novas ideias também incentivam a aprendizagem significativa (Novak e Cañas, 2010, p. 11).

Quanto à preparação e escolha dos materiais a serem utilizados para instrução, Ausubel (2002) alerta para possíveis consequências da abordagem compartimentada encontrada em alguns materiais didáticos que, por exemplo:

- utilizam termos distintos para se referirem a conceitos equivalentes, dando margem à incompreensão e à confusão cognitiva, o que tende a encorajar a aprendizagem por memorização;

- criam barreiras artificiais entre tópicos que estão relacionados entre si, ocultando características comuns entre eles, tornando impossível ao aprendiz reconhecer ou identificar tais características comuns aos tópicos;
- não fazem uso adequado de ideias relevantes previamente apreendidas, como base para a subsunção e assimilação de novas informações a elas relacionadas; e
- tornam obscuras e implícitas as diferenças entre conceitos similares, favorecendo que sejam percebidos como idênticos.

Em sua teoria, Ausubel distingui a aprendizagem significativa da aprendizagem meramente mecânica, verbal e memorística. Porém deixa claro que não as percebe como dicotômicas e sim como pontos extremos em um *continuum* interligado por infinitas possibilidades (Ausubel, 2002). Neste sentido, Lemos argumenta que “favorecer a aprendizagem significativa implica identificar em que parte do *continuum* está o conhecimento do aluno e, baseado nele, promover diferentes oportunidades de interação” (Lemos, 2005, p. 43).

A seguir, destacamos três ideias presentes na Teoria de Aprendizagem Significativa cujo entendimento tem implicação direta no acompanhamento da análise realizada nesta investigação.

Estrutura cognitiva hierárquica, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Já mencionamos anteriormente que estrutura cognitiva refere-se ao conteúdo e organização das ideias que um indivíduo faz em uma área particular do conhecimento. Para Ausubel, esta organização resulta em uma estrutura hierárquica, ou seja, ideias mais gerais e inclusivas ocupam o topo da estrutura e,

[...] subsumem, de forma progressiva, ideias menos inclusivas ou mais diferenciadas, estando cada uma destas ligada ao degrau imediatamente mais acima na hierarquia, através de laços relacionais de natureza assimilativa (Ausubel, 2002, p. 107).

A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são processos simultâneos no decorrer da aprendizagem significativa. A diferenciação progressiva ocorre quando um novo conhecimento se relaciona por meio de sucessivas interações com os subsunçores, tornando-o novo, mais distintivo, mais elaborado e rico em significação. Para Mintzes, Wandersee e Novak:

[...] a diferenciação progressiva resulta geralmente em níveis cada vez maiores de hierarquia e bifurcação ou ramificação de conceitos centrais. Os indivíduos que passaram por situações bem sucedidas de aprendizagem significativa mostram, em geral, uma estrutura de conhecimento muito dendrítica, composta por diversos níveis de hierarquia (Mintzes, Wandersee e Novak, 2000, p. 53).

Moreira e Mazini (1982) também definem a diferenciação progressiva como um princípio programático na elaboração do conteúdo a ser ensinado e se caracteriza quando as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina são apresentadas antes e, somente depois, progressivamente caracterizadas em termos de detalhe e especificidade.

A reconciliação integrativa, por sua vez, resulta na delimitação explícita de semelhanças e diferenças entre ideias relacionadas, ou seja, em uma “recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva” (Moreira, 2006, p. 160) antes dispersos ou tidos como diferentes.

Segundo Ausubel (2002), em alguns casos a principal dificuldade na aprendizagem não está na capacidade de discriminação dos conceitos, e sim na contradição aparente entre as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva e as novas proposições do material de aprendizagem. Por esse motivo, Nunes, Almouloud e Guerra (2010) aconselham que as ideias gerais e inclusivas devem ser

retomadas periodicamente, pois as diferenças e semelhanças entre os novos conhecimentos adquiridos podem gerar certos conflitos cognitivos.

A fala de Nunes, Almouloud e Guerra nos remetem novamente à Cury (2009) quando enfatiza a necessidade de avaliação diagnóstica da aprendizagem dos estudantes para a instrução de novos conceitos e a importância na escolha de instrumentos que permitam acesso ao conjunto de conhecimentos que o estudante possui e como estes estão relacionados entre si em sua estrutura cognitiva.

Segundo Ausubel (2002), foi de Joseph Novak, um dos colaboradores e divulgadores da Teoria da Aprendizagem Significativa nos dias atuais, a primeira tentativa de encontrar uma técnica ou instrumento que representasse a organização da própria estrutura cognitiva. Esta técnica é conhecida como mapeamento conceitual.

Os mapas conceituais

A técnica do mapeamento conceitual surge em 1972, dentro do programa de pesquisa realizado por Novak na Universidade de Cornell, diante da necessidade de encontrar uma forma melhor de representar e acompanhar as mudanças na maneira como crianças compreendiam ciências.

Fundamentados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os mapas conceituais tem por objetivo representar relações entre conceitos na forma de proposições³. Sua estrutura hierárquica esta de acordo com o princípio da diferenciação progressiva, pois apresentam na parte superior os conceitos mais gerais e inclusivos e, na parte inferior aqueles conceitos mais específicos e menos inclusivos conforme apresentado na Figura 1.

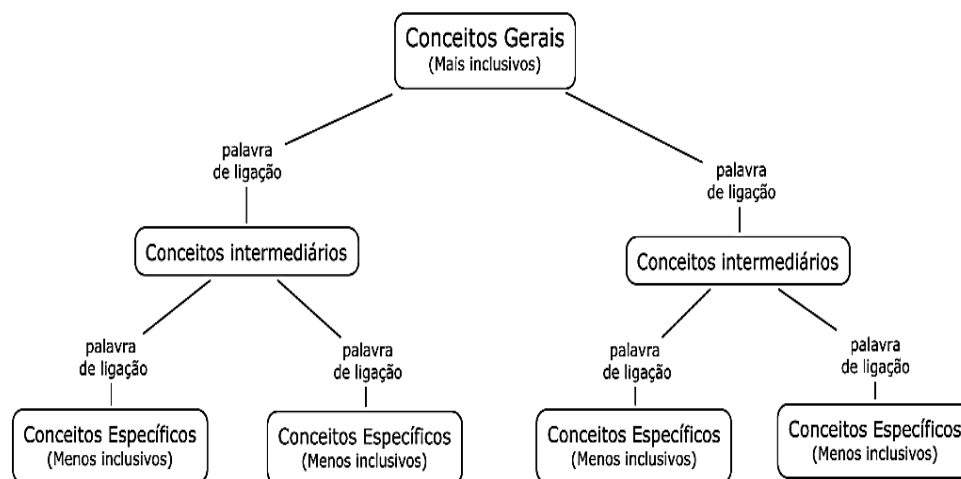


Figura 1 – Representação esquemática de um mapa conceitual

Fonte: Adaptado de Moreira (2006, p. 47)

Na perspectiva novakiana, um mapa conceitual apresenta a hierarquia entre os conceitos na dimensão vertical e, na horizontal, os conceitos que apresentam equivalência no grau de generalidade.

Peña (2005) assinala três características próprias dos mapas conceituais que os diferenciam de outros recursos gráficos e técnicas cognitivas:

³ Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavras ou frase de ligação de modo a formar uma unidade semântica (Novak e Gowin, 1996).

- hierarquização: os conceitos estão dispostos por ordem de importância ou de inclusão.
- seleção: eleição dos termos mais significativos ou importantes de um tema, texto ou mensagem.
- impacto visual: um mapa deve ser conciso e mostrar as relações entre as ideias principais de modo simples e atraente, aproveitando a notável capacidade humana para a representação.

Moreira destaca que não existe um mapa conceitual correto nem tão pouco um único mapa para um determinado assunto. Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico e reflete “a compreensão de quem o faz no momento em que o faz” (Moreira, 2012, p. 14).

Dutra (2006) ressalta que a construção de mapas conceituais exige:

[...] esforço cognitivo/capacidade operacional do sujeito de natureza bastante específica. O ato em si que leva à construção das proposições está circunscrito às abstrações do sujeito no sentido de reconstituir, antecipar e/ou explicar as relações entre os conceitos. Consequentemente, a análise das construções dos sujeitos expressas no mapa conceitual incide diretamente sobre os resultados das coordenações do pensamento do sujeito (Dutra, 2006, p. 104).

Embora não existam regras fixas para a construção de um mapa, Novak e Cañas (2010) indicam alguns passos para a elaboração do que consideram ser um “bom mapa conceitual”:

- Elaborar uma questão focal cuja resposta estará expressa no mapa conceitual a ser construído.
- Identificar os conceitos chave que se aplicam ao assunto em questão.
- Ordenar hierarquicamente os conceitos listados do mais geral e inclusivo para o mais específico e menos geral.
- Esboçar um mapa conceitual preliminar.
- Escrever uma palavra ou frase de ligação para cada par de conceitos escolhidos, capaz de estabelecer relações entre eles.
- Revisar e reposicionar conceitos no mapa tantas vezes quantas se fizerem necessárias.

Quando utilizados como ferramenta educacional, Novak e Gowin (1996) argumentam que os mapas auxiliam no entendimento da organização e relações entre conceitos no âmbito de uma aula, uma disciplina ou um curso inteiro, uma vez que tornam claras as ideias chave nas quais, tanto professores, quanto estudantes devem se ater em uma tarefa específica de aprendizagem.

O desenho de um mapa conceitual traduz a organização da estrutura cognitiva do aprendiz, revelam concepções, domínio do tema, lacunas, equívocos, criatividade na construção gráfica e nas ideias, permitindo tanto o professor como o próprio estudante tomar consciência de suas dificuldades e avanços realizados (Ruiz-Moreno *et al*, 2007).

A existência de grande número de conexões válidas entre os conceitos revela a familiaridade do autor com o tema considerado e, portanto, se um estudante consegue elaborar um bom mapa para o conceito de derivada, isto é, organizado hierarquicamente, com clareza, riqueza, validade em suas proposições, contendo os principais conceitos cientificamente esperados que saiba ao concluir a disciplina de CDI, entendemos que no *continuum* sua aprendizagem está mais próxima de ter sido significativa do que mecânica.

No campo da Educação Matemática, a técnica dos mapas conceituais tem sido utilizada em diferentes contextos e para as mais variadas finalidades. Em particular, no Ensino Superior, encontramos estudos que exploram as potencialidades desta técnica em atividades matemáticas como estratégia e recurso de ensino (Puga, 2011; Lopes *et al*, 2011), na formação de professores (Manrique e André, 2009; Souza Junior, 2012), para a apresentação de conteúdos (Pimentel e Costa, 2010; Flores, 2009), no acompanhamento da evolução da aprendizagem dos estudantes (Magalhães, 2009, Almeida e Fontanini, 2010; Ferreira e Barros, 2013), entre outros.

Segundo Novak e Cañas (2009) houve aumento no número de artigos relacionados a temas da Educação Matemática nas conferências internacionais sobre mapeamento conceitual entre 2004 a 2008. No entanto, nossa revisão à pesquisas que tratam do tema, ou seja, mapas conceituais aplicados à matemática no Ensino Superior, revelou a carência de estudos voltados a conteúdos específicos do Cálculo tais como, limite, derivada e integral e que o uso de suporte computacional para o desenho de mapas conceituais digitais⁴ ainda é incipiente e pouco explorado.

Diante do exposto, apresentamos e discutimos, à luz Teoria da Aprendizagem Significativa, os resultados de uma pesquisa a respeito do uso dos mapas conceituais digitais como elemento sinalizador da aprendizagem de conteúdos na disciplina de Cálculo.

As escolhas

Os sujeitos

Participaram desta pesquisa 12 estudantes do quinto e sétimo período de um curso de Licenciatura em Física de uma Universidade no Estado de Minas Gerais matriculados na disciplina de Computação Aplicada ao Ensino de Física.

Optamos por realizar a investigação com licenciandos por acreditar que poderiam se beneficiar da técnica do mapeamento conceitual e do *CmapTools*⁵ tanto como estudantes de graduação quanto no exercício profissional como futuros docentes. Além disso, as atividades da pesquisa se tornaram oportunas e compatíveis com as atividades efetuadas no contexto da disciplina, já que faziam parte do conteúdo a ser ministrado outros *softwares* como *Geogebra*, *Modellus*, *Tracker* e o processador de texto *LaTeX*, todos com aplicação orientada para o ensino.

Dos 12 estudantes, todos já haviam cursado, com aprovação, a disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I – destes, sete cursaram uma única vez, três, duas vezes e dois estudantes cursaram três vezes. Com exceção de dois participantes, todos relataram dificuldades com a disciplina e, quando indagados sobre quais eram suas maiores dificuldades, apontaram a deficiência na sua formação como quanto à resolução de equações, manipulações algébricas, produtos notáveis e funções como a maior.

Métodos e instrumentos

O método empregado permite caracterizar este trabalho como uma pesquisa aplicada com uma abordagem qualitativa. Segundo Cervo (2002, p. 65), “na pesquisa aplicada o investigador é movido pela necessidade de contribuir para fins práticos mais ou menos imediatos buscando soluções para problemas concretos”.

⁴ No caso específico desta pesquisa, denominamos mapas conceituais digitais todo mapa construído, editado ou compartilhado por meio de um *software*.

⁵ *Software* de autoria de mapas conceituais, disponível para download em <http://cmap.ihmc.us/>

A amostragem é do tipo intencional, não probabilística e subordinada aos objetivos da pesquisa, que consistiu na aplicação e análise de mapas conceituais como ferramenta de representação gráfica do conhecimento que o estudante possui sobre o conceito de derivada de uma função.

Por meio de uma triangulação metodológica, no sentido referido por Flick (2005), de combinar vários métodos qualitativos entre si, utilizamos quatro instrumentos distintos e complementares: observação de sala de aula, questionário, *brainstorming*⁶ e os mapas conceituais desenhados pelos estudantes participantes da pesquisa.

Destacamos que os mapas conceituais produzidos, neste estudo, constituíram-se na principal forma de obtenção dos dados para a análise e complementados, quando possível, com as respostas dos estudantes ao questionário⁷ e as observações da pesquisadora em sala de aula referentes à participação, dificuldades e empenho dos estudantes durante a construção de mapas conceituais.

O questionário respondido pelos estudantes participantes da amostra foi dividido em duas partes: a primeira objetivava caracterizar o perfil acadêmico dos estudantes e, a segunda, obter a percepção dos mesmos a respeito da utilização dos mapas conceituais no processo de ensino e de aprendizagem de conteúdos matemáticos.

Por suas características, ferramentas de edição e compartilhamento, escolhemos o *software CmapTools* para o desenho dos mapas conceituais digitais por sua estreita afinidade com as teorias que fundamentam a pesquisa e os princípios que nortearam o projeto do *software*.

O *CmapTools* é um *software* de autoria de mapas conceituais desenvolvido por um grupo de pesquisadores no Instituto para a Cognição Humana e de Máquina (*Institute for Human and Machine Cognition - IHMC*) da *University of West Florida* sob a supervisão do professor Albert Cañas, grupo este do qual Novak também é integrante. Trata-se de um *software* livre, multiplataforma, de interface com o usuário bastante simples e intuitiva que possui, entre suas funcionalidades, ferramentas para construir, navegar, compartilhar, comparar e disponibilizar mapas conceituais digitais em servidores (*Cmap Servers*) distribuídos pela internet.

Os mapas conceituais, definidos na seção anterior, seguem a construção proposta por Novak e Cañas (2010) e a sua avaliação qualitativa acompanha Moreira ao afirmar que:

O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa (Moreira, 2006, p. 8).

Os procedimentos utilizados não tem o propósito de criar redundâncias metodológicas. Espera-se que cada procedimento possa suprir os demais naqueles aspectos que estejam fora de seu escopo ressaltar, completando desta forma aspectos deficitários identificados em algum dos métodos durante a análise.

Análise qualitativa de mapas conceituais

Antes de efetuar análises é indispensável objetivar elementos indicativos que permitam argumentar que estamos diante de um “bom mapa conceitual”, ou seja, de um mapa conceitual

⁶ Técnica criada por Alex Osborn em 1960 para a geração coletiva de novas ideias através da contribuição e participação de diversos indivíduos inseridos num grupo (Osborn, 1987).

⁷ Uma análise detalhada das respostas dos estudantes ao questionário encontra-se em Ferrão (2013).

expressivo do fato de seu autor ter um entendimento claro e profundo a respeito de um tema, assunto ou área do conhecimento.

Como a técnica do Mapeamento Conceitual foi desenvolvida a partir das ideias de Ausubel, nada mais natural do que buscar nesta teoria elementos que possam ser tomados como indícios da aprendizagem significativa dos estudantes a respeito de um determinado assunto.

Para definir as categorias de análise, seguimos Novak ao fundamentar-se na Teoria da Aprendizagem Significativa e destacamos as ideias de hierarquização, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como fundamentais na percepção dos indícios de aprendizagem significativa mediante o desenho de um bom mapa conceitual.

Neste contexto, adaptamos os critérios quantitativos para a classificação dos mapas conceituais, propostos por Novak e Gowin (1996), readequando-os para efetuar um exame qualitativo em nossas análises.

Os quatro aspectos observados nos mapas conceituais desenhados pelos estudantes são os seguintes:

Cat.1 – Validade das proposições formadas com os conceitos

Verificar a validade ou a correção das proposições definidas entre dois ou mais conceitos pode exibir o grau de clareza e a profundidade com que o autor do mapa tratou o assunto em questão.

Destacamos que somente os mapas que atenderem total ou parcialmente a esta categoria devem ser analisados nas demais e apenas são consideradas proposições válidas aquelas relacionadas com o tema proposto. Não faz sentido avaliar mapas conceituais que tenham todas as proposições comprometidas, uma vez que um dos objetivos do mapa conceitual é expressar a relação entre conceitos por meio de suas proposições.

Novak e Gowin (1996) também recomendam que palavras de ligação que tenham sido simplesmente adicionadas, sem uma nítida relação conceitual subordinada, não devem ser contabilizadas como níveis de hierarquia.

Cat.2 – Hierarquização

Observar se o autor de um dado mapa dispôs os conceitos e as proposições válidas das mais gerais e inclusivas para as mais específicas e menos inclusivas pode ser utilizado como um sinal indicativo do nível de complexidade e profundidade do conhecimento que o autor do mapa possui e deixou transparecer ao expressá-la no desenho cuja estrutura é fortemente hierarquizada.

Bons mapas conceituais expressam uma hierarquização entre os conceitos estruturados do mais geral para o mais específico. A estrutura de um mapa conceitual pode ser vista como a maneira mais fidedigna do pesquisador (ou professor) ter acesso aos processos cognitivos desencadeados pelo aprendiz quando solicitado a tratar de um tema específico.

O grau de hierarquização, presente num mapa conceitual, pode ser tomado como um indício da diferenciação progressiva ou da reconciliação integrativa (Novak e Gowin, 1996).

Cat.3 – Ligações cruzadas entre as proposições

Verificar a existência de ligações cruzadas entre ramos distintos da hierarquia conceitual. Trata-se de um elemento bastante sofisticado e, sua presença no mapa, pode denotar tanto conhecimento consolidado e bem estabelecido, quanto a percepção de vínculos inovadores ou modos alternativos de abordagem.

Ligações cruzadas ou transversais podem ser indicativas da “capacidade da síntese criativa do autor” (Novak e Cañas, 2010). Segundo Novak e Gowin:

As ligações transversais que revelem relações válidas entre dois segmentos distintos da hierarquia conceitual significam possivelmente reconciliações integradoras importantes e podem ser, por isso, melhores indicadores de aprendizagem significativa do que os níveis hierárquicos (Novak e Gowin, 1996, p. 123).

Cat.4 – Presença de aplicações

Verificar a presença de eventos, aplicações ou referências a objetos concretos que exemplifiquem, de modo válido, conceitos ou proposições.

A presença destes elementos demonstram o domínio e a capacidade de aplicar os conceitos no contexto adequado, bem como de explicar a realidade através do conhecimento que possui. Entretanto, recurso a exemplos não substituem os conceitos ou proposições abstratas. Conceitos são abstrações com as quais se raciocina e aplicações tendem a ser elementos concretos.

Com o propósito de agregar objetividade e profundidade ao processo de avaliação, cada categoria – Cat.1, Cat.2, Cat.3 e Cat.4 – recebeu uma escala A, B ou C conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Legenda para a análise dos mapas conceituais

Avaliação	Explicação
A	Quando o desenho do mapa conceitual atender totalmente as especificações da categoria analisada.
B	Quando o desenho do mapa conceitual atender parcialmente as especificações da categoria analisada.
C	Quando o desenho do mapa conceitual não estiver de acordo com as especificações da categoria analisada.

Fonte: Adaptado de Brezolin (2010).

A pesquisa: desenvolvimento e obtenção dos dados

A pesquisa se desenvolveu em dois encontros de 100 min cada em uma mesma semana. As atividades ocorreram num dos laboratórios de informática da Universidade onde o *software CmapTools* foi previamente instalado.

O primeiro contato com os estudantes se deu na forma de aula expositiva com a intenção de explicar: (i) o que é e como desenhar mapas conceituais; (ii) quando e como utilizar mapas conceituais para ensino e para a aprendizagem; e (iii) quais as funcionalidades do *software CmapTools* para o desenho de mapas conceituais.

Após terem explorado na prática o *software* e adquirir certo domínio sobre suas funcionalidades, os estudantes foram convidados a desenhar individualmente um mapa conceitual que expressasse aquilo que eles sabiam sobre o conceito de derivada de uma função. O desenho deste mapa partiu do conjunto de conceitos evocados pelo grupo durante a realização de uma seção de *brainstorming*. Além dos conceitos listados, os estudantes foram orientados que poderiam acrescentar outros conceitos que considerassem relevantes.

O *brainstorming* mostrou-se uma técnica simples, eficaz e profícua tanto para estimular a participação dos estudantes, quanto na obtenção dos conceitos relevantes relacionados com a derivada como, por exemplo: reta tangente, taxa de variação, coeficiente angular, limite, ponto mínimo e máximo, integral, aceleração, velocidade, $f'(x)$ e $\Delta y/\Delta x$.

Iniciamos o segundo encontro, expondo novamente a natureza, os objetivos e a importância da participação dos presentes para o desenvolvimento da nossa investigação e, em seguida apresentou-se um possível mapa conceitual para o tema ‘derivada’ (Figura 2) elaborado pela pesquisadora a partir da consulta a manuais didáticos e *websites* de instituições de ensino.

O mapa da Figura 2, denominado no âmbito desta pesquisa como mapa conceitual do especialista, acompanha Novak e Cañas (2010, p. 21) ao defini-lo como um “mapa elaborado por um especialista na área do tópico representado e que sirva como guia, suporte ou ajuda para o aprendizado”.

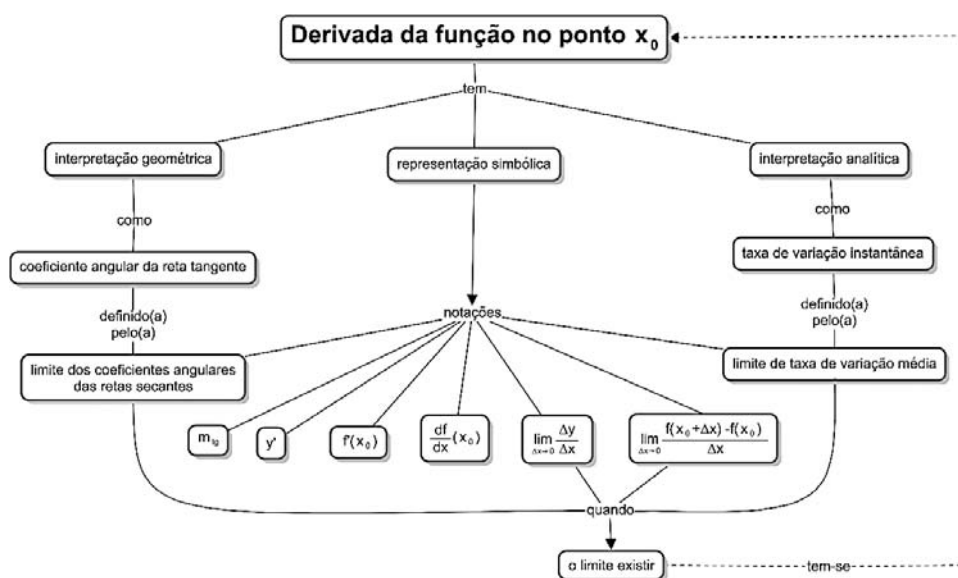


Figura 2 – Mapa conceitual do especialista

É importante salientar que, o este mapa conceitual contempla apenas algumas das relações entre o conceito de derivada, principais notações e interpretações analítica e geométrica. A apresentação deste mapa não teve o propósito de ensinar conteúdo, mas lembrar as principais características de um bom mapa conceitual hierárquico e, indiretamente, evocar conhecimentos que estivessem ancorados na estrutura cognitiva do aprendiz e que, por algum motivo, não emergiram no momento de desenhar seu primeiro mapa conceitual.

Após rápida recapitulação, do que é e como desenhar um mapa conceitual, os participantes desenharam um segundo mapa para conceito de derivada. Para isto, cada participante teve acesso apenas ao seu primeiro mapa conceitual, que foi impresso em papel e devolvido pela pesquisadora aos respectivos autores. Procedemos desta maneira para estimular o estudante a rever os conceitos e ligações feitas na primeira versão e para que os novos mapas não fossem meras cópias do anterior. No geral, constatamos que esta escolha favoreceu tanto a reflexão, a avaliação e a reestruturação

dos conceitos inseridos no primeiro mapa, quanto à inclusão de novas relações não evidenciadas inicialmente – fato exemplificado na evolução do primeiro para o segundo mapa elaborado por um dos participantes da pesquisa (P03), conforme Figura 3 e Figura 4.

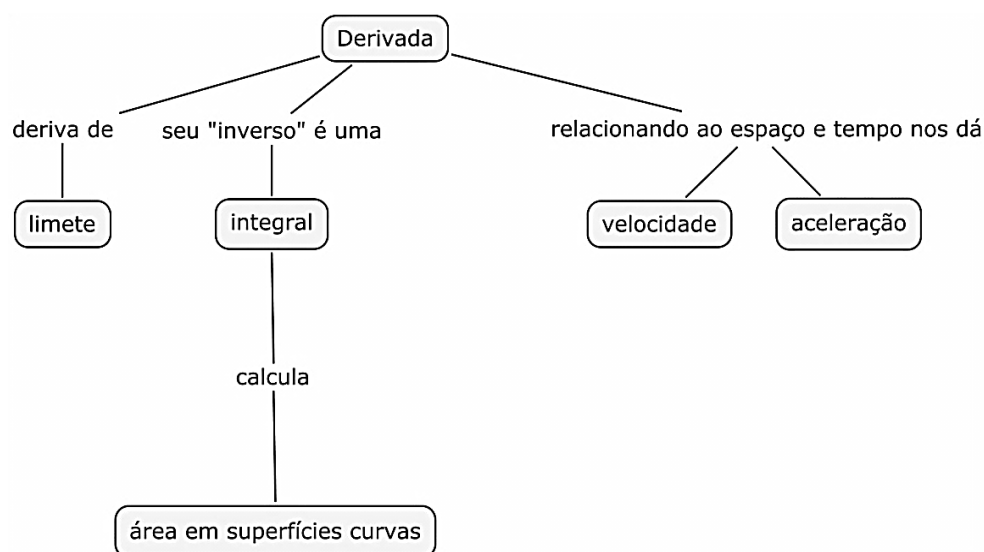


Figura 3 – Primeiro mapa conceitual do P03

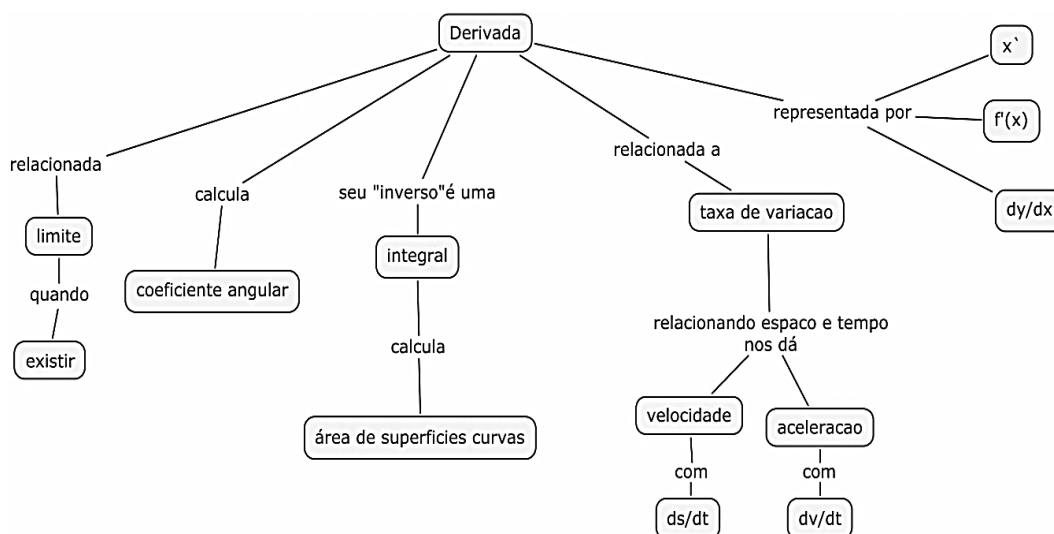


Figura 4 – Segundo mapa conceitual do P04

O segundo mapa do P03, mostra que a revisão das proposições formadas em seu primeiro mapa permitiu o acréscimo de conceitos como ‘taxa de variação’ e ‘coeficiente angular’. Além disso, houve inclusão de algumas notações referentes à derivada não mencionadas no primeiro mapa como, por exemplo, x' , $f'(x)$ e $\frac{dy}{dx}$.

No encerramento das atividades foi solicitado aos estudantes que assinassem uma Declaração de Consentimento e respondessem um questionário que versava sobre seu perfil e sua impressão ao utilizar mapa conceitual na representação de conhecimento matemático.

Todos os mapas sobre o conceito de derivada desenhados no *CmapTools* pelos estudantes ao longo da investigação foram salvos em formato de imagem (*Portable Network Graphics - png*) e armazenados num *pendrive* para análise posterior. No total foram analisados 24 mapas conceituais.

Aplicando as categorias de análise

O segundo mapa produzido por cada um dos participantes representa o estado da arte de seu conhecimento a respeito do conceito da derivada. Isso porque, após receber estímulos para auxiliá-lo a evocar na memória conceitos ou atributos de conceitos – seja na forma de *brainstorming*, da apresentação do mapa do especialista ou da confecção de um novo mapa – resultou no mapa mais completo que o estudante foi capaz de desenhar em termos de validade, organização e riqueza nas relações estabelecidas entre os conceitos no espaço de tempo em que a pesquisa se desenvolveu.

Conforme compromisso assumido com os estudantes, seus nomes foram omitidos de forma a garantir o anonimato. Os 12 participantes serão identificados, no decorrer deste artigo, pela letra “P” seguido de um algarismo, por exemplo: P01, significa “participante 1”, P02, “participante 2” e assim consecutivamente.

Para fins de ilustração, selecionamos alguns mapas conceituais construídos pelos estudantes participantes da pesquisa e ressaltamos aspectos importantes observados nas análises efetuadas em cada uma das categorias definidas em seção anterior.

Quanto à validade das proposições formadas com os conceitos – Cat.1

Um mapa com avaliação A, nesta categoria, possui todas as suas proposições válidas, enquanto mapas que contenham tanto proposições válidas, quanto proposições incorretas, confusas ou sem sentido, são avaliados com B.

A seguir, apresentamos os mapas conceituais dos participantes P04 e P10 e os motivos pelos quais foram avaliados com C nesta categoria.

O segundo mapa conceitual do participante P04, apresentado na Figura 5, sugere que este estudante não entende ou não tem clareza a respeito do conceito de derivada, e conseqüentemente, foi incapaz de desenhar um mapa conceitual com proposições válidas mesmo partindo do conjunto de conceitos evocados pelo grupo na seção de *brainstorming*.

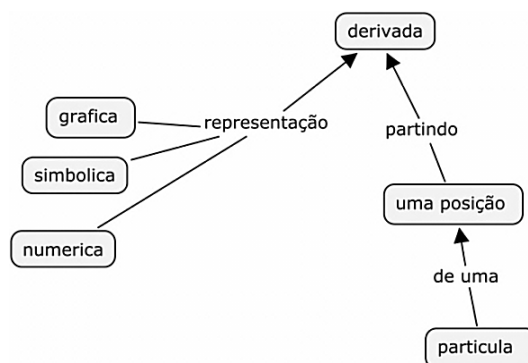


Figura 5 – Segundo mapa conceitual do P04

De acordo com as respostas deste estudante à primeira parte do questionário referente ao seu perfil acadêmico, o participante P04 cursou mais de uma vez CDI. Portanto, é fato que, pelo menos durante os dois semestres matriculados na disciplina, o estudante esteve em contato de alguma forma com o tema proposto.

Com base no mapa apresentado por este estudante, podemos inferir que o mesmo não possui subsunçores relevantes, ancorados e disponíveis em sua estrutura cognitiva para este tema e

que existem pontos em sua formação que necessitam de revisão para o entendimento dos conceitos em CDI II, por exemplo.

O participante relatou que suas principais dificuldades com a disciplina de CDI foram ausência de conhecimentos prévios e a falta de compreensão devido ao ritmo dado pelo professor na apresentação dos conteúdos. É provável que, para a aprovação na disciplina, tenha apenas memorizado as informações e as reteve por um período curto de tempo de forma literal e arbitrária, ou seja, de maneira mecânica. Segundo Ausubel:

[...] o esquecimento é uma continuação, ou fase temporal posterior, do mesmo processo iterativo subjacente à disponibilidade do material de instrução estabelecido durante (e para) um período de tempo variável após a aprendizagem; e a mesma capacidade de subsunção necessária para a aprendizagem de recepção significativa fornece, de alguma forma e paradoxalmente, a base para o esquecimento futuro (Ausubel, 2002, p. 62).

Outro exemplo de mapa que não atendeu às especificações desta categoria é o segundo mapa do participante P10 (Figura 6). Embora apresente conceitos listados na seção de *brainstorming* tais como ‘aceleração’, ‘velocidade’ e ‘variação’ encontramos, no mapa, além de conceitos repetidos, proposições confusas ou incorretas. A dificuldade deste estudante, em encontrar uma palavra ou frase de ligação para a construção de proposições válidas e pertinentes com o tema, comprometeu a possibilidade de expressar seu conhecimento através do mapa conceitual.

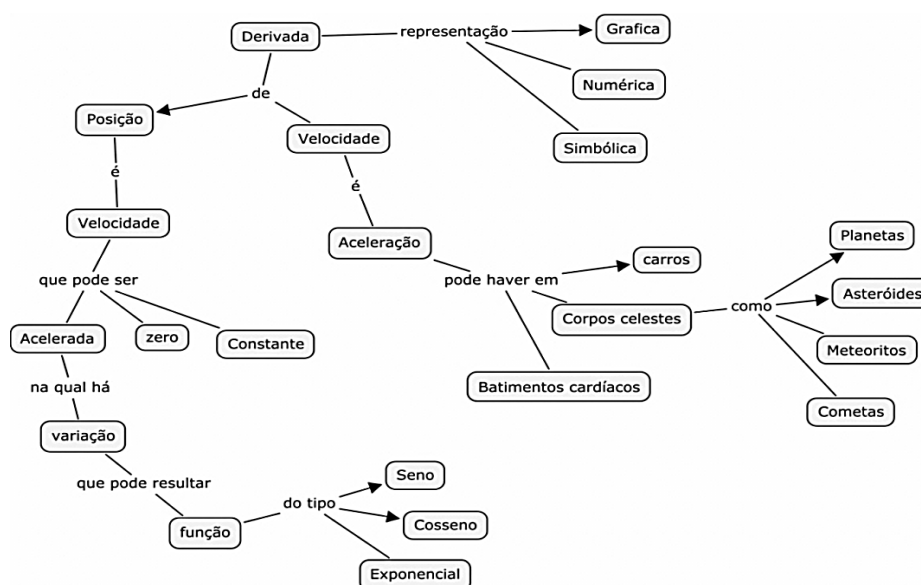


Figura 6 – Segundo mapa conceitual do P10

O mapa conceitual do P10 ressalta aplicações da derivada e, portanto, não está de acordo com a proposta que consistia na construção de um mapa conceitual com foco no ‘conceito de derivada’ utilizando o *software CmapTools* e os passos indicados por Novak e Cañas (2010).

Segundo Meyer (2003), nos cursos de Cálculo é comum os estudantes associarem a aplicação de regras e procedimentos ao conceito de derivada, como no caso do participante P10, porém:

[...] tal processo de significação não o impede de ter sucesso na realização de tarefas ditas operatórias, mas pode contribuir para o insucesso na realização de tarefas que envolvam aspectos conceituais (Meyer, 2003, p. 4).

Conforme dito anteriormente, apenas os mapas que possuísem proposições válidas e relacionadas com o tema proposto seriam analisados nas demais categorias.

Quanto à hierarquização – Cat.2

Um mapa avaliado com A nesta categoria possui todos os conceitos organizados hierarquicamente e apresentados dos mais gerais e inclusivos para os mais específicos e menos inclusivos.

Um mapa hierárquico, em geral, se desdobra em vários ramos a partir de uma ideia raiz (central). A Figura 7 apresenta o segundo mapa conceitual desenhado pelo participante P07 avaliado com A na Cat.2. Este mapa é um bom mapa conceitual em termos de hierarquização dos conceitos, pois tem o conceito ‘derivada’ no topo como o mais abrangente e geral que se subdivide em cinco ramos, onde os demais conceitos surgem em ordem decrescente de inclusividade.

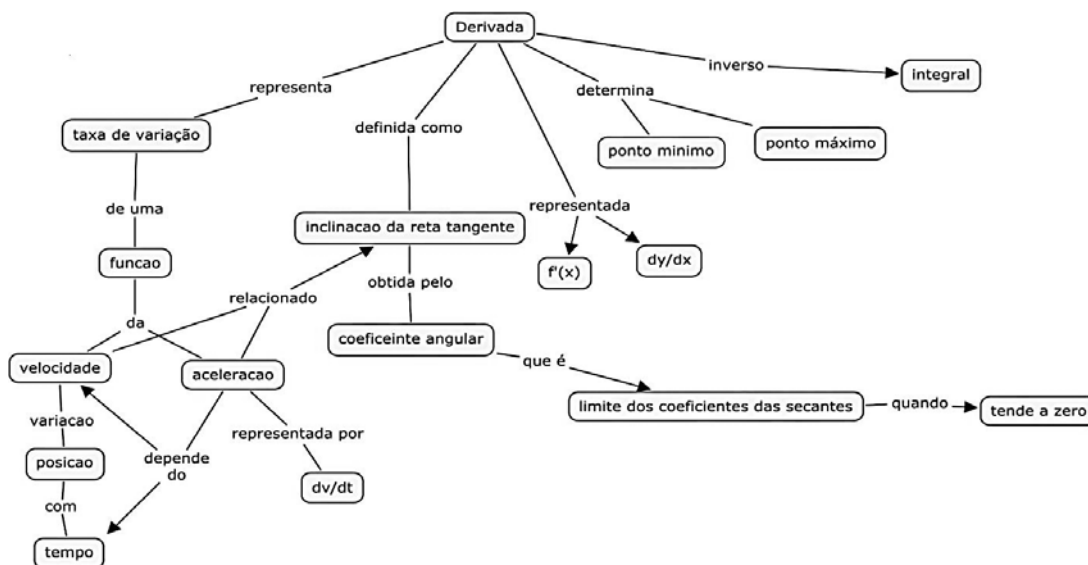


Figura 7 – Segundo mapa conceitual do P07

No primeiro ramo (da esquerda para a direita), o participante P07 traz a interpretação analítica da derivada como taxa de variação. No segundo ramo, o estudante define a derivada como inclinação da reta tangente, ou seja, apresenta a interpretação geométrica da derivada. No terceiro, temos algumas notações usuais para o conceito. No quarto, o participante P07 apresenta algumas aplicações do conceito e no quinto ramo, a integração como operação inversa da derivação. Essa ramificação ou bifurcação do conceito derivada pode ser tomada como indício de diferenciação progressiva.

A Figura 8 representa o segundo ramo no mapa do participante P07 formado por quatro níveis que também sugerem diferenciação de conceitos, já que demonstram inter-relações conceituais específicas, conforme faz notar Novak e Gowin (1996). O conceito que é acrescido ao ramo é sempre mais específico e menos geral que o conceito escrito acima dele. Neste caso, o conceito derivada torna-se a cada nível mais elaborado e específico evidenciando a estreita relação do participante P07 com o tema proposto.

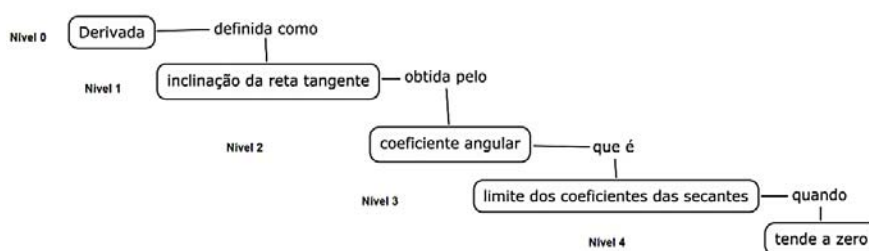


Figura 8 – Ramo representativo da hierarquização do mapa conceitual do P07

Ao contrário do participante P04, a aquisição e retenção desses conceitos para o participante P07, provavelmente se deu de forma significativa, afinal tais informações ainda se encontram acessíveis e relacionadas entre si de maneira substantiva na estrutura cognitiva do aprendiz. O participante P07 cursou uma única vez CDI e, apesar de afirmar ter tido dificuldades com a disciplina, a distribuição dos conceitos e as relações entre eles expressas em seu mapa conceitual, evidenciam a hierarquia dos conceitos, a clareza e a compreensão deste estudante sobre o tema tratado.

Apresentamos a seguir os mapas dos participantes P01 e P11 com a finalidade de exemplificar e ressaltar a diferença entre um mapa A e um mapa B na Cat.2 em termos hierarquização e indícios de aprendizagem significativa. Os mapas conceituais destes participantes foram avaliados com B por atender em parte às especificações desta categoria.

No ramo assinalado na Figura 9, por exemplo, os conceitos ‘coeficiente angular de uma reta’, ‘concavidade’, ‘ponto de máximo’ e ‘ponto de inflexão’ apresentam grau de generalização equivalente evidenciando a falta total de compreensão sobre o tema ou compreensão equivocada da relação entre os conceitos envolvidos.

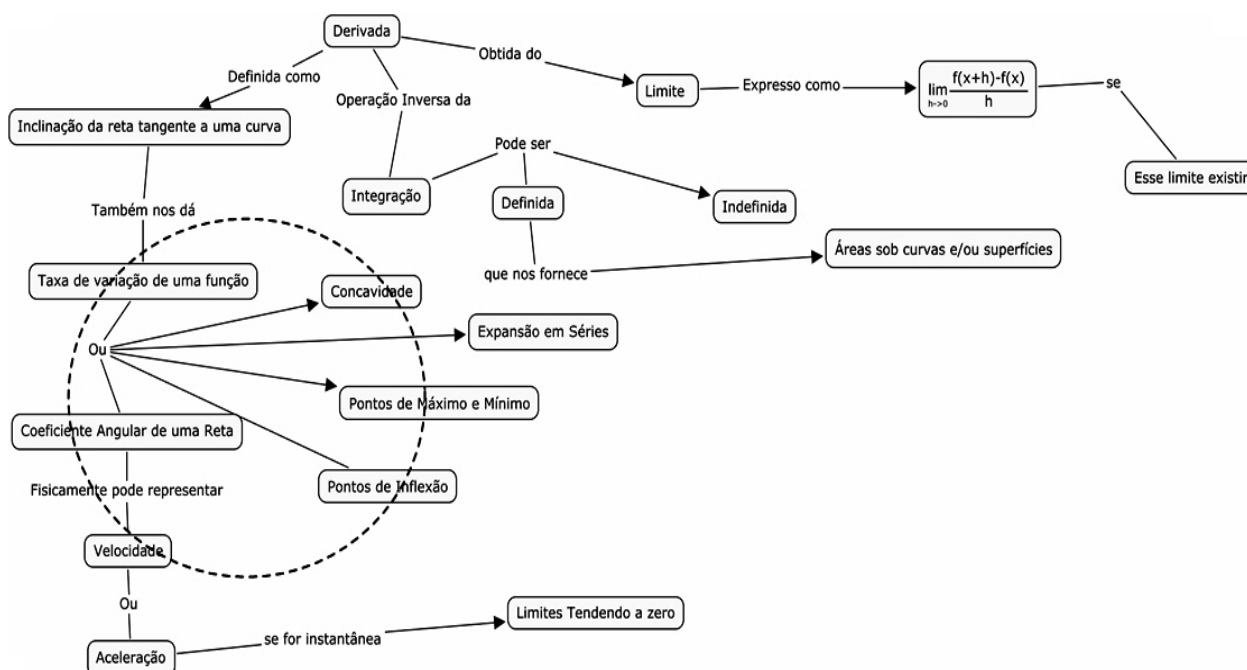


Figura 9 – Construção inadequada de ramos hierárquicos no segundo mapa conceitual do P01

A escolha de boas palavras de ligação pressupõe a compreensão do relacionamento entre os conceitos ou dos significados dos conceitos. Durante a confecção dos mapas conceituais, vários estudantes relataram dificuldades para encontrar boas palavras de ligação para a formação de proposições entres os conceitos que tinham colocado em seu mapa. Uma das respostas do participante P02 ao questionário exemplifica bem esta situação. Quando indagado sobre possíveis *insights* durante a construção de um mapa conceitual, respondeu: “[...] ligar conceitos é difícil se você não tem um bom conhecimento a respeito do assunto”.

De modo semelhante, assinalamos no segundo mapa conceitual do participante P11 apresentado em parte na Figura 10, um ramo que apresenta a subordinação incorreta do conceito ‘taxa de variação’ ao conceito ‘ponto de máximo’ e ‘ponto de mínimo’. Ponto de mínimo não ocasiona taxa de variação assim como limite não possui ponto de máximo. A disposição destes conceitos comprometeu a hierarquia conceitual deste ramo.

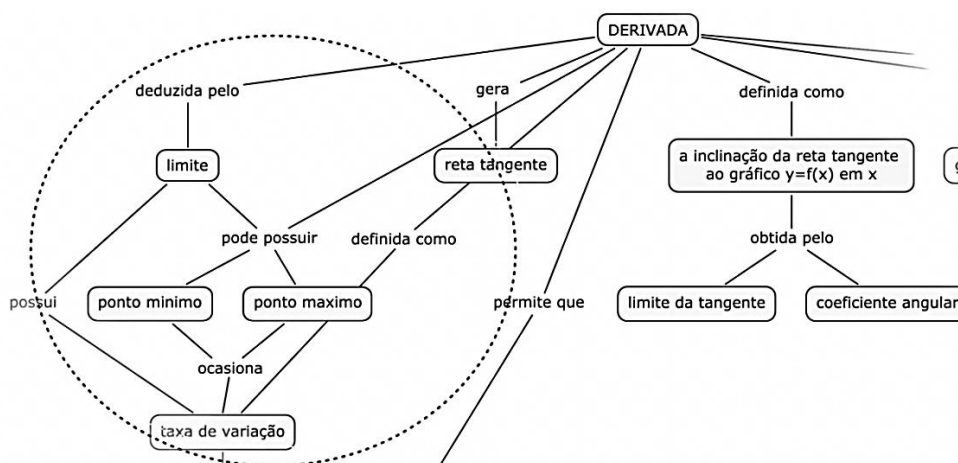


Figura 10 – Construção inadequada do ramo hierárquico no segundo mapa conceitual do P11

Quanto à presença de ligações cruzadas entre as proposições – Cat.3

Dos mapas analisados, somente dois mapas receberam avaliação A nesta categoria, pois foram os únicos a apresentar ligações cruzadas válidas – relações horizontais – entre conceitos relacionados.

Para Rogatto, Nogueira e Kato (2011) as ligações cruzadas, presentes num mapa conceitual, denotam a interação conceitual na estrutura cognitiva e ocorre quando o conhecimento ancorado não está compartimentalizado.

Para exemplificar a análise efetuada nesta categoria, retomamos o mapa do participante P07. A Figura 11 – parte do mapa do P07 – mostra as ligações cruzadas realizadas por este estudante entre diferentes ramos do mapa conceitual. Essa relação horizontal entre diferentes ramos do conhecimento pode ser um indicativo de reconciliação integrativa ou diferenciação progressiva.

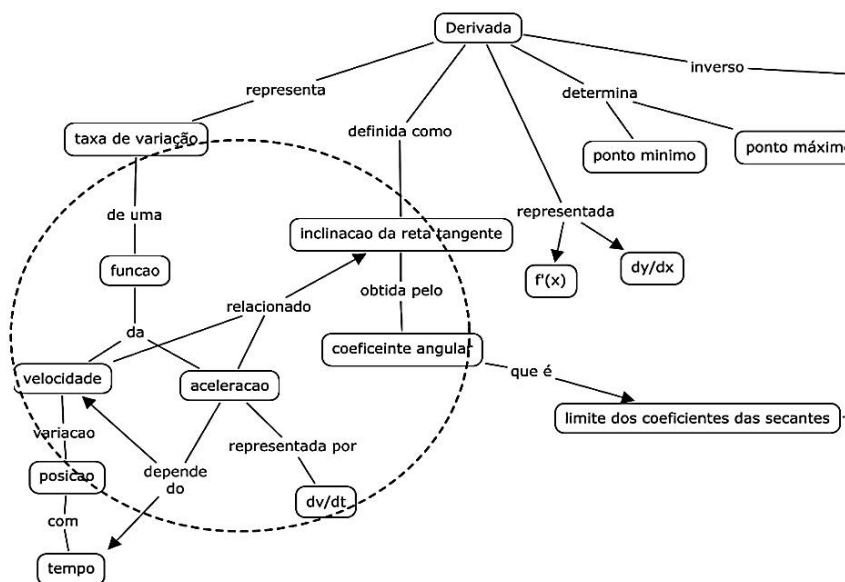


Figura 11 – Ligações cruzadas no mapa conceitual do P07

No primeiro ramo, a proposição ‘taxa de variação de uma função’ divide-se em ‘velocidade’ e ‘aceleração’. Ao mesmo tempo em que o participante distinguiu estes dois conceitos,

ele os reintegra por meio de novas proposições como ‘aceleração’ depende do ‘tempo’ e da ‘velocidade’ que, por sua vez, está relacionada com a ‘inclinação da reta tangente’.

A partir da proposição formada entre os conceitos ‘coeficiente angular’ e ‘limite dos coeficientes das secantes’, entendemos que o participante P07 percebe a relação entre as interpretações geométrica e analítica da derivada entre suas diferentes representações: numérica, gráfica e simbólica. Apesar de relatar dificuldades na disciplina de CDI, estas se referiam a percepção da utilidade dos conceitos estudados para o exercício da profissão escolhida e não relacionados diretamente com o aprendizado de tais conceitos.

Notamos, porém, a ausência da ligação do conceito ‘taxa de variação’ com sua representação simbólica $\frac{dy}{dx}$ entre outras. Tanto a presença quanto a ausência de ligações cruzadas em mapas conceituais são fatores importantes, pois evidenciam quais as relações que o estudante compreende entre os subdomínios do mapa construído. A ausência de ligações pertinentes ou a presença de ligações cruzadas incorretas abre caminho para o diálogo entre o professor e o estudante, auxilia na negociação de significados e para a reestruturação cognitiva.

Para Novak e Cañas (2010), as ligações cruzadas auxiliam na percepção do modo como um conceito, em um domínio de conhecimento representado no mapa, se relaciona com outro conceito de domínio diferente.

Quanto a presença de aplicações relacionadas ao tema – Cat.4

Nesta categoria todos os mapas conceituais atenderam perfeitamente às especificações e, portanto, foram avaliados como A. Um exame rápido nos mapas conceituais apresentados neste artigo é suficiente para perceber a presença de exemplos de aplicações da derivada.

No entanto, a predominância de aplicações vinculadas a taxa de variação como ‘velocidade’ e ‘aceleração’ nos chamou a atenção durante a análise dos mapas e merece destaque aqui. Por se tratar de estudantes de um curso de Física, é esperado que tais conceitos sejam lembrados mais que outros, uma vez que os conteúdos do currículo reforçam e direcionam o conceito de derivada à aplicações físicas relacionadas a taxa de variação.

De modo análogo, Peixoto *et al* (2008), analisando as respostas fornecidas por estudantes do terceiro período de um curso de bacharelado em Matemática a respeito da definição de derivada e seu campo conceitual, constataram predominância da representação gráfica e simbólica e ressaltaram o fato de que, em nenhuma das respostas, apareceu a derivada como taxa de variação. Para o autor, o fato do estudante não conseguir transferir a outras situações práticas os conceitos estudados mostra que a “qualidade das aprendizagens dos estudantes ainda é estreita e bastante relacionada à aplicação de regras e procedimentos” (Peixoto *et al*, 2008, p. 186).

As mesmas evidências foram encontradas por Olimpio Junior (2006) ao perceber que licenciandos em Matemática também relacionavam o conceito de derivada apenas à sua interpretação geométrica. Embora este fato nos chame a atenção, não está nos propósitos do presente estudo analisá-lo.

Considerações finais

Nosso objetivo, ao analisar mapas conceituais desenhados por graduandos de um curso na área de Ciências Naturais, foi o de identificar elementos que permitissem avaliar se aquilo que o

aluno sabe a respeito de um determinado tema corresponde aos principais conceitos esperados que saiba ao concluir a disciplina de CDI.

A partir das características exibidas pelos mapas desenhados, das declarações presentes nas entrevistas e das observações efetuadas durante todo o processo de investigação, a análise evidenciou que os mapas conceituais podem, de fato, ser utilizados no Ensino Superior como elementos sinalizadores da aprendizagem dos estudantes em relação a um determinado tema a partir dos conceitos de *hierarquização*, *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa* definidos na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

A riqueza das relações cruzadas estabelecidas entre os conceitos organizados hierarquicamente nos mapas conceituais, somada a utilização de bons exemplos de aplicações para denotar conceitos abstratos podem ser considerados fortes indicativos de que no *continuum* aprendizagem do estudante está mais próxima de ter sido significativa do que mecânica.

Diferente de outros exames convencionais, preparados com a finalidade de sondar o que o estudante já sabe antes de iniciar o processo de instrução, os mapas conceituais não são totalmente direcionáveis pelo aplicador o que possibilita ao estudante exibir qualquer ramificação de sua rede de conhecimentos, seja ela pertinente, incompleta ou totalmente equivocada. Desta forma, quando associados a outros instrumentos de avaliação, os mapas conceituais agregam profundidade e individualidade ao processo de avaliação.

Como possíveis contribuições desta pesquisa, ressaltamos:

- Apresentação de uma abordagem alternativa que procura favorecer o processo de ensino e a aprendizagem do Cálculo Diferencial e Integral a partir de suas bases conceituais.
- Debate e reflexão sobre a utilização de mapas conceituais no Ensino Superior como ferramenta de representação gráfica do conhecimento matemático.
- Elaboração de critérios para a análise qualitativa de mapas conceituais que permitem categorizar mapas em expressivos ou não daquilo que o aluno sabe sobre um determinado tema em termos de validade, organização e riqueza nas relações estabelecidas entre os conceitos.
- Proposta de uma metodologia avaliativa, objetiva e bem delimitada, capaz de auxiliar o professor a identificar o melhor ponto de partida para o ensino, a partir da determinação daquilo que o aprendiz sabe a respeito de um dado tema, bem como dotar o estudante de um recurso capaz de torná-lo autônomo para gerir e aferir seu próprio conhecimento, responsabilizando-se e protagonizando seu processo de aprendizagem.

Neste sentido, concluímos que mapas conceituais podem constituir-se num instrumento avaliativo efetivo, capaz de explicitar a organização cognitiva dos estudantes e possibilitar a concretização daquilo que Ausubel propõe: que o professor parta do que o estudante já sabe para iniciar o processo de ensino.

Referências

Almeida, L., e Fontanini, M. (2010). Aprendizagem significativa em atividades de modelagem matemática: uma investigação usando Mapas Conceituais. *Investigações em Ensino de Ciências*. vol. 15, 403-425.

- Ausubel, D. P. (2002). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. 2ed., Rio de Janeiro: Interamericana.
- Bisognin, E. ; Bisognin, V. (2011). Análise do desempenho dos alunos em formação continuada sobre a interpretação gráfica das derivadas de uma função. *Educação Matemática Pesquisa*, vol. 13, pp. 509-526.
- Brezolin, L. M. T. de F. (2010). *Uma proposta para aplicação de mapas conceituais ao processo de ensino-aprendizagem de Computação*. 138f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Candido, C. C.; Barufi, M. C. B; Monteiro, M. S. (2004). Dificuldades no ensino/aprendizagem de Cálculo. In: VII Encontro Paulista de Educação Matemática: *Anais do VII Encontro Paulista de Educação Matemática*, São Paulo.
- Cervo, A. L.; Bervian, P. A. (2002). *Metodologia científica*. São Paulo: Prentice Hall.
- Cury, H. N. (2009). Pesquisas em análise de erros no Ensino Superior: retrospectiva e novos resultados. In: Frota, M. C. R.; Nasser, L. (org.). *Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates*. Recife. SBEM, p. 223-238.
- Dutra, I. M. (2006). *Mapas conceituais no acompanhamento dos processos de conceitualização*. 128f. Tese (Doutorado em Informática Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.
- Ferrão, N. S. (2013). A utilização de mapas conceituais no ensino superior na percepção de licenciandos em física. *Em Teia: Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, v. 4, p. 1-15.
- Ferreira, C. C.; Barros, R. M. (2013). O uso de mapas conceituais em aulas de Cálculo. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, vol. 6, n. 1.
- Fiorentini, D.; Lorenzato, S. (2006). Tendências temáticas e metodológicas da pesquisa em educação matemática. In. Fiorentini, D.; Lorenzato, S. *Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos*. Coleção Formação de Professores. Campinas: Autores Associados.
- Flick, U. (2005). Triangulation in qualitative research. In: Flick, U.; Kardorff, E. V; Steinke, I. (eds.). *A Companion to Qualitative Research*, Sage, p. 178-183.
- Flores, R. P. (2009). Concept mapping: an important guide for the mathematics teaching process. In: Afamasaga-Fuata'i, K. (ed.). *Concept mapping in mathematics: research into practice*. New York, NY: Springer, p. 259- 277.
- Holton, D. (2001). The Teaching and learning of mathematics at university level. In: *New ICMI Study Series*: Kluwer Academic Publishers, vol.7.
- Lemos, E. S. (2005). (Re)situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5(3), pp. 38-51.
- Lemos, E. S. (2011). A teoria da aprendizagem significativa e sua relação com o ensino e com a pesquisa sobre o ensino. *Aprendizagem Significativa em Revista*, vol. 1, p.47-52.

Lopes, A. M. A. *et al* (2011). Reforço ao ensino presencial no ambiente Moodle com a construção de mapa conceitual no estudo de Cálculo I. In: *VIII Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância*, Ouro Preto. VIII Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância.

Magalhães, A. R. (2009). *Mapas conceituais digitais como estratégia para o desenvolvimento da metacognição no estudo de funções*. 263f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP, São Paulo.

Mamona-Downs, J. e Downs, M. L. N. (2008). Advanced mathematical thinking and the role of mathematical structure. In: English, L. D. *Handbook of International Research in Mathematics Education*. 2. ed. New York: Routledge, pp.154-172.

Manrique, A. L.; André, M. (2009). Concepções, sentimentos e emoções de professores participantes de um processo de formação continuada em geometria. *Educação Matemática Pesquisa*, vol. 11, n.1, p.165-185.

Meyer, C. (2003). *Derivada/reta tangente: imagem conceitual e definição conceitual*. 159f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP, São Paulo.

Mintzes, J. J., Wandersee, J.H., Novak, J.D. (2000). *Ensinando Ciência para a Compreensão: uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Moreira, M. A e Masini, E. (1982). *Aprendizagem significativa – a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.

Moreira, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília, Editora da UnB.

Moreira, M. A.(2012). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa* [online] 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em 23 ago. 2013.

Moreira, M.A. (2010). *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. São Paulo: Centauro.

Nasser, L. (2007). Ajudando a superar obstáculos na aprendizagem de cálculo. In: IX Encontro Nacional de Educação Matemática, 2007, Belo Horizonte. *Anais do IX Encontro Nacional de Educação Matemática*. Belo Horizonte - MG: SBEM.

Nasser, L. (2009). Uma pesquisa sobre o desempenho de alunos de cálculo no traçado de gráficos. In: Frota, M. C. R. e Nasser, L. (org.). *Educação Matemática no Ensino Superior. Pesquisas e Debates*. Recife: SBEM, p. 43-58.

Novak, J. D.; Cañas, A. J. (2010). A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*. Ponta Grossa, vol.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun.

Novak, J. D.; Cañas, A. J. (2009). The development and evolution of the concept mapping tool leading to a new model for Mathematics Education. In: Afamasaga-Fuata'i, K. (ed.). *Concept mapping in mathematics: research into practice*. New York, NY: Springer, 259- 277.

Novak, J. D.; Gowin, D. B. (1996). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano.

Nunes, J. M. V.; Almouloud, S. A; Guerra, R. B. (2010). O Contexto da história da matemática como organizador prévio. *Bolema - Boletim de Educação Matemática* (UNESP. Rio Claro. Impresso), v. 23, p. 535-561.

Olimpio Junior, A. (2006). *Compreensões de conhecimentos de cálculo diferencial no primeiro ano de matemática – uma abordagem integrando oralidade, escrita e informática*. 273f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Osborn, A. (1987). *O poder criador da mente*. São Paulo: Ibrasa.

Peixoto, J. L. B, *et al.* (2008). Análise da aprendizagem conceitual de derivada através das respostas dos alunos que cursaram a Disciplina Cálculo I. In: *II Fórum da Sociedade Brasileira de Educação Matemática*, SBEM-BA, Bahia.

Peña, A. (2005). *O. Mapas Conceituais – uma técnica para aprender*. São Paulo: Loyola.

Pimentel, F. S. C.; Costa, C. J. A. (2010). Os mapas conceituais na pesquisa da prática da tutoria na educação online. Sergipe: *Educação a Distância e Práticas Educativas Comunicacionais e Interculturais*, vol. 4, p. 59-71.

Pozo, J. I. (1998). A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: Coll, C.; Pozo, J. I.; Sarabia, B.; Valls, E. (Org.). *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre: Artmed, p. 17-72.

Puga, Z. L. (2011). Mapas Conceituais: usando o *software CmapTools* no ensino e na aprendizagem de matemática. In: *XIII Conferencia Interamericana de Educação Matemática*, Recife. Anais. Recife: CIAEM.

Rogatto, C.; Nogueira, C. M. I.; Kato, L. (2011). A. Ensino de matemática, história da matemática e aprendizagem significativa: uma combinação possível. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 16, n. 1, p. 117-142.

Ruiz-Moreno, L. *et al.*(2007). Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. *Revista Ciência e Educação*. Bauru, v. 13, n.3, set-dez, 2007. p. 453-463

Souza Junior, A. J. ; Meyer, J. F. (2002). A utilização do computador no processo de ensinar-aprender Cálculo: a constituição de grupos de ensino com pesquisa no interior da universidade. *Zetetike*, Campinas, v. 10, n.17/18, p. 113-148.

Souza Junior, A. J. (2012). A autoria de mapas como estratégia formativa de professores. *Educação e Filosofia*, Uberlândia, vol. 26, n. especial, p. 289-304.

Toigo, A.M.; Moreira M. A.; Costa, S. S.C. da. (2012). Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências – vol.17(2)*, pp. 305-339.

Recebido em: 23.08.13

Aceito em: 23.12.14