

M-learning e Matemática: em busca de um modelo pedagógico

Silvia Cristina F. Batista
Instituto Federal Fluminense
Rua Dr. Siqueira, 273 - Campos
dos Goytacazes - RJ - Brasil
55 22 2726-2800
silviac@iff.edu.br

Patricia Alejandra Behar
UFRGS
Av. Paulo Gama, 110 - prédio
12105 - Porto Alegre-RS - Brasil
55 51 3308-3986
patricia.behar@ufrgs.br

Liliana Maria Passerino
UFRGS
Av. Paulo Gama, 110 - prédio
12105 - Porto Alegre-RS - Brasil
55 51 3308-3986
liliana@cinted.ufrgs.br

RESUMO

Neste artigo apresenta-se uma proposta inicial de um modelo pedagógico para atividades de m-learning (*mobile learning*) em Matemática, o M-learnMat. O referido modelo tem como base a Teoria da Atividade e é direcionado ao Ensino Superior. Nesse sentido, inicialmente, define-se o que este estudo entende por modelos pedagógicos, considerando que estes servem para fundamentar o processo de construção de conhecimento, por meio de ações organizadas. Além disso, são abordados aspectos relacionados à m-learning e princípios básicos da Teoria da Atividade, analisando, então, contribuições desta teoria para a área de m-learning. A seguir, apresenta-se o modelo M-learnMat, descrevendo a estrutura do mesmo e requisitos que o compõe.

Categories and Subject Descriptors

K.3.1 [Computers and Education]: Computer Uses in Education - *collaborative learning*.

General Terms

Management, Design, Theory.

Palavras chave

M-learning, Matemática, Modelo Pedagógico, Teoria da Atividade

1. INTRODUÇÃO

No Ensino Superior, os alunos, muitas vezes, enfrentam dificuldades em Matemática, sendo os períodos iniciais ainda mais problemáticos, devido à adaptação à saída do Ensino Médio [1]. Algumas destas dificuldades, segundo a referida autora, têm causas epistemológicas e pedagógicas, não sendo somente decorrentes de deficiências prévias, em termos de pré-requisitos. Soares e Sauer [2], ao abordarem as dificuldades dos alunos nas disciplinas de Matemática, no curso de Engenharia, defendem que é preciso mudar a concepção do que é ensinar e aprender e dos papéis do professor e do aluno.

Nesse sentido, entende-se que certas práticas pedagógicas, no Ensino Superior, podem contribuir para evitar novas dificuldades e, ainda, favorecer a superação de algumas já existentes, como as relacionadas à falta de pré-requisitos. Nessa busca por caminhos mais favoráveis à aprendizagem de Matemática, os dispositivos

móveis podem trazer contribuições. *Mobile learning* (m-learning) é o campo de pesquisa que busca analisar como os dispositivos móveis podem colaborar para a aprendizagem. De forma ainda recente, estudos têm destacado vantagens no uso destes dispositivos para a aprendizagem de Matemática [3, 4, 5].

Como qualquer outra proposta para a aprendizagem formal, entende-se que atividades em m-learning devem ser orientadas por modelos pedagógicos. Estes modelos permitem organizar práticas educacionais, possibilitando que as mesmas sejam mais objetivas. Dessa forma, ações podem ser melhor estruturadas, com objetivos definidos e estratégias estabelecidas para alcance dos mesmos.

Assim, este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de modelo pedagógico para atividades de m-learning em Matemática, o M-learnMat. O referido modelo tem como base a Teoria da Atividade e é direcionado ao Ensino Superior. Tendo em vista o objetivo proposto, na seção 2 é definido o que este estudo entende por modelo pedagógico. Na seção 3, são discutidos aspectos relacionados à m-learning e apresentados princípios básicos da Teoria da Atividade para, então, promover uma análise das contribuições da referida teoria para m-learning. Na seção 4, apresenta-se o M-learnMat, descrevendo sua estrutura e listando diversos requisitos que o compõem. Finalizando, a seção 5 apresenta algumas considerações sobre o presente trabalho.

2. MODELOS PEDAGÓGICOS

De maneira geral, um modelo é uma interpretação explícita, descritiva ou ilustrativa, do que alguém entende sobre uma situação [6]. Um modelo pedagógico, por sua vez, é uma construção teórica que, fundamentada científica e ideologicamente, possibilita interpretar, projetar e ajustar a realidade pedagógica [6]. Porém, essa definição não é consensual, sendo a expressão utilizada, algumas vezes, como teoria de aprendizagem (como as desenvolvidas por Piaget, Vygotsky, Wallon, entre outros) ou como metodologia de ensino [7].

Na mesma linha da definição de Ortiz Ocaña [6], Behar, Passerino e Bernardi [7], p. 4, afirmam que um modelo pedagógico é “um sistema de premissas teóricas que representa, explica e orienta a forma como se aborda o currículo e que se concretiza nas práticas pedagógicas e nas interações professor-

aluno-objeto de conhecimento”. Este pode ser embasado por uma ou mais teorias de aprendizagem, mas, em geral, são “reinterpretações” destas teorias, a partir de concepções individuais dos professores [7]. Neste artigo entende-se modelo pedagógico segundo esta visão e discute-se o assunto segundo autores que adotam linhas semelhantes.

Zabala [8] caracteriza o que denomina “modelo teórico”. Entende-se, no entanto, que a referida expressão pode ser vista no mesmo sentido de modelo pedagógico. Segundo o autor, o modelo teórico é a condição ideal, porém, este não leva em consideração o contexto real no qual é desenvolvida a prática educativa. É no contexto real que aparecem os condicionantes que impedem ou dificultam o desenvolvimento ideal do modelo proposto. Estes condicionantes podem ser espaço e estrutura da escola, características dos alunos, recursos disponíveis, trajetórias profissionais dos professores, entre outros [8]. O autor propõe variáveis metodológicas a serem consideradas no modelo:

- **Sequências de atividades (ou sequências didáticas):** conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas, dirigidas a certos objetivos educacionais;
- **Relações interativas:** relações que ocorrem entre professor e alunos ou alunos e alunos. Estas afetam o grau de comunicação e os vínculos afetivos que se estabelecem;
- **Organização social:** a forma de estruturar a dinâmica em grupo configura certa organização social na qual os alunos convivem, trabalham e se relacionam;
- **Espaço e tempo:** envolve analisar como se concretizam as diferentes formas de ensinar, com relação a estes fatores (tempo e espaço são fatores rigidamente controlados ou haverá flexibilidade em relação aos mesmos?);
- **Organização de conteúdos:** relaciona-se com a lógica segundo a qual o conteúdo será organizado;
- **Materiais curriculares:** diz respeito ao papel e à importância que os diversos instrumentos didáticos assumem nas várias atividades;
- **Crítérios de avaliação:** envolve o sentido e o papel da avaliação.

O processo de ensino e aprendizagem é complexo e envolve muitas variáveis, o que ressalta a importância da utilização de referenciais teóricos que ajudem a interpretá-lo [8].

A Figura 1 mostra a estrutura de um modelo pedagógico, segundo Behar [9]. Esta é embasada por uma (ou, possivelmente, mais de uma) teoria de aprendizagem.

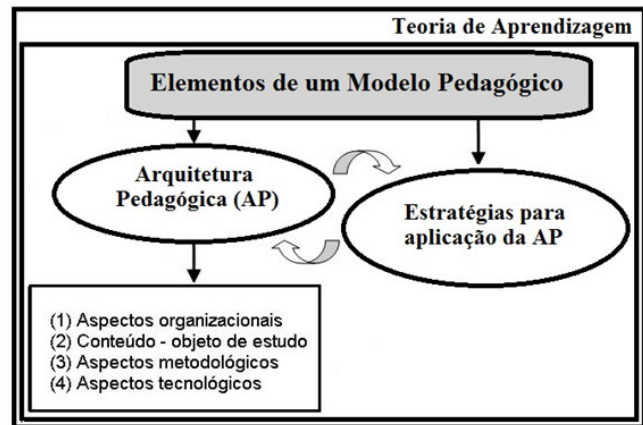


Figura 1. Estrutura de um modelo pedagógico. Fonte: Behar [9], p. 25 - adaptada.

O modelo é composto por uma arquitetura pedagógica (AP) e pelas estratégias para aplicação da mesma. A AP é a estrutura principal do modelo, na qual estão incluídos aspectos organizacionais, conteúdo ou objeto de estudo, aspectos metodológicos e tecnológicos [9].

Colocar em prática uma AP requer estratégias que, por sua vez, dependem do contexto real de aplicação e são influenciadas pelas diversas variáveis que permeiam o processo educativo. As estratégias para aplicação da AP constituem a dinâmica do modelo pedagógico [9]. São ações didáticas direcionadas à articulação e à adaptação de uma arquitetura a um contexto particular. Assim, uma estratégia de aplicação é a forma como o professor irá colocar em prática a AP, já adaptada à sua realidade, de acordo com a teoria de aprendizagem adotada [9].

Ressalta-se que o foco discutido por Behar [9] é Educação a Distância e os elementos do modelo são explicados a partir deste:

- **Aspectos organizacionais:** englobam a fundamentação do planejamento/proposta pedagógica e incluem os propósitos do processo de ensino e aprendizagem a distância, a organização do tempo e do espaço e expectativas relacionadas à atuação dos participantes;
- **Aspectos relacionados ao conteúdo ou objeto de estudo:** incluem materiais didáticos a serem utilizados (textos, apostilas, objetos de aprendizagem, *softwares*, entre outros);
- **Aspectos metodológicos:** incluem atividades, formas de interação/comunicação, procedimentos de avaliação e a organização destes elementos em uma sequência didática que favoreça a aprendizagem;
- **Aspectos tecnológicos:** referem-se à estrutura tecnológica de suporte a ser utilizada nas atividades (seleção de ambientes virtuais de aprendizagem, de ferramentas de comunicação, entre outros).

Estes aspectos não devem ser considerados de forma isolada, pois formam um todo no qual uma decisão sobre um aspecto influencia nos demais. Além disso, é importante considerar que uma mesma AP pode ser aplicada diferentemente, dependendo das estratégias utilizadas. As estratégias de aplicação tornam a AP individualizada, pois dependem de variáveis pessoais dos atores envolvidos.

Analisando as abordagens propostas em [8] e [9], é possível verificar que ambas consideram a influência do contexto real sobre o modelo proposto. Além disso, os elementos da Arquitetura Pedagógica, propostos por Behar [9], e as variáveis metodológicas de Zabala [8], de maneira geral, também não diferem muito. Ambos contemplam aspectos bem semelhantes, embora sob graus diferentes de especificidade.

O M-learnMat é um modelo pedagógico para atividades de m-learning em Matemática, que tem por base a Teoria da Atividade. Dessa forma, na seção seguinte aborda-se a aplicação da referida teoria em pesquisas de m-learning.

3. M-LEARNING E A TEORIA DA ATIVIDADE

3.1 M-learning

Segundo Traxler [10], com o aumento do acesso à informação, em qualquer tempo e lugar, o papel da educação, particularmente da educação formal, vem sendo desafiado. As relações entre educação, sociedade e tecnologia estão cada vez mais dinâmicas. Nesse sentido, m-learning, embora ainda um campo imaturo, tanto em termos tecnológicos quanto pedagógicos, pode trazer contribuições, à medida que avançam as pesquisas na área [10].

A popularização dos dispositivos móveis, em especial os celulares, é um aspecto favorável, em termos educacionais, levando em consideração a possibilidade de alcançar um grande número de pessoas, sem requerer deslocamentos físicos. Porém, além deste aspecto, existem diversos outros, tais como interatividade, mobilidade, prática de trabalho em equipes e aprendizagens em contextos reais, que têm motivado pesquisas associando tecnologias móveis e educação.

A habilidade que os jovens têm para lidar com estas tecnologias, a popularização das mesmas e o desenvolvimento de aplicativos específicos para as diversas áreas curriculares são fatores que podem contribuir para introdução desses recursos na educação. O uso destes pode ser importante em escolas com dificuldades relacionadas a laboratórios de informática ou para alunos que não tenham computadores em casa ou, ainda, para aqueles que precisam aproveitar seu tempo para estudar onde estiverem.

Não se trata de optar pelos computadores ou pelos dispositivos móveis, mas sim, aproveitar as potencialidades destes dispositivos e o fato deles fazerem parte da vida dessa geração de alunos. Prensky [11] caracteriza essa geração como nativos digitais. São pessoas que nasceram em contato com a sociedade em rede e não imaginam o mundo antes da Web. Peters [12] afirma que as tecnologias móveis têm possibilitado novas formas de comunicação, principalmente pelos jovens, para os quais estas formas fazem parte da interação diária normal, permitindo que estejam conectados a grupos de amigos geograficamente dispersos em comunidades de interesse. Assim, a referida autora

defende que o setor educacional precisa analisar as possibilidades reais de utilização destas tecnologias, a fim de buscar uma estratégia para apoiar esse aluno cada vez mais “móvel”.

Nesse contexto, estudos e pesquisas têm sido realizados [13, 14, 15] investigando como as tecnologias móveis podem contribuir para a aprendizagem. Este campo de pesquisa é conhecido como m-learning (*mobile learning*). Trata-se de uma área que estuda como a mobilidade dos alunos, favorecida pela tecnologia pessoal e pública, pode contribuir para o processo de aquisição de novos conhecimentos, habilidades e experiências [14]. Atividades com tecnologias móveis, em geral, apresentam características como interatividade, mobilidade, trabalho em equipe, aprendizagens em contextos reais, entre outras. Em caráter mais inicial, estudos têm buscado verificar como m-learning pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Matemática [3, 4, 5]. As pesquisas mencionadas apontam vantagens do uso de dispositivos móveis, como descrito a seguir.

Calle e Vargas [3] relatam um estudo de caso, envolvendo o uso de Pocket PC[®] na disciplina “Cálculo de Várias Variáveis” da Engenharia, na Universidade EAFIT (Colômbia). O estudo teve a participação de 30 alunos de várias engenharias (3º e 4º períodos) e visou verificar a qualidade da aprendizagem utilizando tecnologias móveis, a partir de uma proposta didática. Segundo os autores, a análise dos dados permitiu verificar: i) desempenhos mais favoráveis em atividades individuais e coletivas; ii) desenvolvimento de habilidades cognitivas, metacognitivas e processos de interação social; iii) compreensão do uso de tecnologias em benefício da aprendizagem matemática; iv) modificação, por parte dos alunos, de procedimentos destinados à aprendizagem; v) interesse pela metodologia adotada, que permitiu discussões coletivas e reflexões individuais sobre os conceitos matemáticos envolvidos [3].

Também relacionando dispositivos móveis à Matemática do Ensino Superior, a Universidade Tecnológica do Chile, Inacap, participou do projeto “*Tecnología Portátil en la Sala de Clases con Pocket PC*”, desenvolvido pela Pontificia Universidade Católica do Chile [4]. O projeto piloto ocorreu na Inacap, no segundo semestre de 2008, no âmbito da disciplina Matemática II. Com a participação de quatro professores de Matemática e 51 alunos, o referido projeto teve por objetivo avaliar o efeito da integração de atividades colaborativas, mediadas por tecnologia portátil (Pocket PC[®]), nos resultados de aprendizagem dos alunos. Além disso, buscou-se avaliar a satisfação dos docentes e alunos ao trabalhar com a metodologia [4]. De modo geral, ocorreu uma avaliação positiva do projeto, o que permitiu considerar que houve ganhos em termos da concentração do aluno, interesse nas atividades e aproveitamento de tempo [4].

Baya'e e Daher [5] relatam uma experiência em Matemática com alunos mais novos. Esta ocorreu em forma de atividade extraclasse, com estudantes de uma escola de Israel (*8th grade - Middle School*). Os alunos utilizaram aplicativos gráficos para

celulares¹, específicos para Matemática (trabalhando com funções lineares), e, também, recursos dos próprios dispositivos, como fotografias, vídeos, entre outros. Segundo os autores, os alunos destacaram as vantagens no uso educacional do celular: i) autonomia na exploração dos temas matemáticos; ii) aprendizagem por meio de colaboração e trabalho em grupo; iii) aprendizagem em contexto real; iv) visualização e investigação dinâmica de fatos matemáticos; v) aprendizagem de Matemática com facilidade e eficiência [5].

Seja na Matemática ou em qualquer outra área curricular, considera-se fundamental um aporte teórico para orientar as atividades em m-learning, tendo em vista o foco principal, que é a aprendizagem. Assim, na subseção seguinte apresentam-se, resumidamente, as principais concepções da Teoria da Atividade, tendo em vista a posterior análise das contribuições da mesma para m-learning.

3.2 Teoria da Atividade

Na base da Teoria da Atividade (TA) estão idéias vygotskyanas. Os princípios desta teoria foram estabelecidos principalmente por Leontiev, psicólogo russo, colaborador de Vygotsky. O foco da TA está nas atividades que os indivíduos desenvolvem e nas relações diversas que decorrem destas. A atividade é vista como responsável pela mediação entre o ser humano e a realidade a ser transformada. Em uma atividade ocorre a transferência de um objeto para sua forma subjetiva, em uma imagem, assim como, a transferência da atividade em seus resultados objetivos [16]. Ou seja, a relação entre o ser humano (sujeito) e a realidade (objeto da sua atividade) é dialética, uma vez que não só o objeto se transforma, mas também, o sujeito, quando são produzidas mudanças em sua psique e em sua personalidade [17].

Atividades podem variar entre si de acordo com a forma, métodos de realização, intensidade emocional, requisitos de tempo e de espaço, entre outros. O principal aspecto que distingue uma atividade de outra, no entanto, é a diferença entre seus objetos. O objeto de uma atividade é seu verdadeiro motivo, que lhe dá uma direção determinada [16]. Entende-se que o motivo pode ser material ou ideal, pode estar presente na percepção ou, exclusivamente, na imaginação ou no pensamento [16]. É importante considerar, no entanto, que certas atividades são mais relevantes para o desenvolvimento subsequente do indivíduo do que outras e são, portanto, entendidas como principais [18].

É fundamental, ainda, diferenciar dois conceitos: atividade e ação. Atividades são processos psicologicamente caracterizados por aquilo a que se dirigem, como um todo. Este objetivo final da atividade deve coincidir sempre com o motivo que levou o sujeito a agir [18]. Uma ação é um processo cujo objetivo colabora para o alcance do motivo da atividade. Assim, para que uma ação seja executada é preciso que seu objetivo seja entendido de forma associada ao motivo da atividade a qual pertence. O objetivo de uma ação, por si só, não estimula a pessoa a agir [18].

No entanto, uma ação pode ser transformada em atividade. O motivo da atividade pode passar para o objeto da ação e, assim, a ação se transforma em atividade. A transformação de motivos decorre do fato de o resultado da ação ser mais significativo, em certas condições, do que o motivo que realmente a induziu [18].

Além disso, é preciso definir operações. Estas representam o modo de execução de uma ação. Ações são relacionadas aos objetivos e as operações, às condições [16]. Em resumo, uma atividade é regulada por sua motivação e engloba ações regidas por objetivos distintos. Cada ação, por sua vez, requer diversas operações, que se adaptam a condições específicas. Uma atividade reflete a sua motivação, uma ação reflete a sua meta e uma operação reflete as condições da ação [16].

Alguns trabalhos apoiados na TA, na visão de Engeström [19], enfatizavam o papel da mediação na relação sujeito-objeto, mas não enfocavam, significativamente, os aspectos sociais e comunicativos. Nesse sentido, este autor propôs uma extensão desta teoria, buscando representar o contexto social/coletivo em um sistema de atividade, adicionando elementos relacionados à comunidade, regras e divisão do trabalho. Assim, Engeström [19] propõe o diagrama mostrado na Figura 2, que enfatiza a atividade coletiva, mostrando vários componentes do sistema da atividade e suas relações de conexão e interdependência.

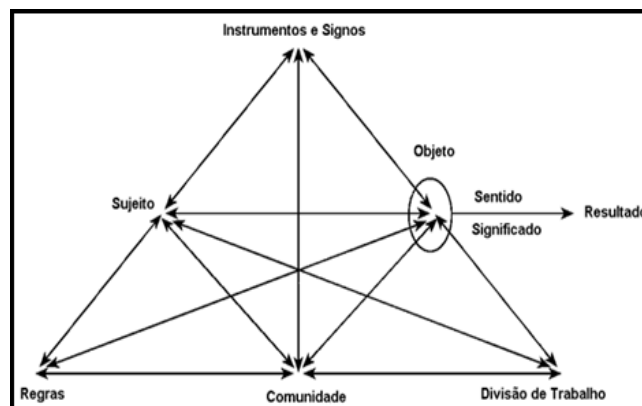


Figura 2. Estrutura de um sistema de atividade. Fonte: Engeström [19], p.78 - adaptada.

Na Figura 2, observa-se que a relação entre sujeito e objeto é mediada por artefatos (instrumentos e signos), o que é representado pelo triângulo que tem esses componentes nos vértices (triângulo básico vygotskyano). Mas, além dos artefatos, existem também os mediadores sociais da atividade - as regras, a comunidade e a divisão do trabalho - indicados na parte inferior do diagrama [20]. Isso significa que a relação entre sujeito e objeto também é mediada por esses componentes. Engeström [21] esclarece que a figura elíptica, no diagrama, indica que ações orientadas para o objeto são sempre, explícita ou implicitamente, caracterizadas por ambiguidade, surpresa, interpretação, produção de sentido e potencial para mudanças.

Em Engeström [19, 20, 21], o foco está sobre a atividade coletiva e há uma ênfase na natureza conflituosa da prática social. A instabilidade (tensões internas) e a contradição são vistas como forças de mudança e de desenvolvimento.

¹ Aplicativos do projeto Math4Mobile (<http://www.math4mobile.com/>).

Com relação à aprendizagem, a mesma é vista, na TA, como uma atividade, pois se destina a satisfazer necessidades cognitivas [17]. Nessa concepção, a aprendizagem formal possui um caráter social, além do individual, pois ocorre em ativa interação com outras pessoas, por meio de colaboração e comunicação, com mediação de instrumentos e signos [17]. Davýdov (1930-1988), com base nas contribuições de Vygotsky, Leontiev e Elkonin, aprofundou a caracterização e a compreensão da atividade de aprendizagem.

O objetivo da atividade de aprendizagem, na visão de Davýdov [22], é o domínio do conhecimento teórico, isto é, o domínio de símbolos e instrumentos culturais disponíveis na sociedade, obtido pela aprendizagem de conhecimentos em diversos campos. Davýdov [22] distingue dois tipos de pensamento: o empírico e o teórico. O pensamento empírico tem caráter externo, imediato, ligado à prática. Já o teórico é voltado para a essência, para relações internas entre objetos e fenômenos. Para o referido autor, o ensino essencialmente baseado no pensamento empírico não proporciona o desenvolvimento mental do aluno.

Quanto à formação do pensamento teórico matemático, Davýdov [22] defende que cada tópico do currículo deve começar com uma introdução detalhada, apresentando situações que deram origem à necessidade dos respectivos conceitos teóricos. A seguir, os conceitos devem ser construídos a partir de alguns passos: i) orientação dos alunos em uma situação-problema, cuja solução requer o novo conceito; ii) identificação da relação que serve de base para a solução de problemas; iii) estabelecimento de um modelo simbólico que permita estudar as propriedades em “forma pura”; iv) identificação das propriedades da relação delineada, por meio da qual foi possível deduzir as condições e os métodos de resolução do problema original [22].

Assim, a TA é entendida, neste estudo, segundo os princípios fundamentais propostos por Leontiev e as contribuições de Engeström, que focalizou as atividades coletivas. Além disso, aproximando a TA do contexto escolar, em particular da Matemática, são adotadas as contribuições de Davýdov.

3.3 Teoria da Atividade e M-learning

Nesta subseção são analisados alguns estudos [23, 24, 25] que apontam a TA como uma proposta com potencial para atender às especificidades de m-learning.

Sharples et al. [23] resumem cinco questões a serem verificadas na identificação de uma teoria para m-learning: i) a teoria é, significativamente, diferente das abordagens tradicionais? ii) permite analisar a mobilidade dos alunos? iii) pode ser utilizada tanto na aprendizagem formal quanto informal? iv) teoriza a aprendizagem como um processo social e construtivo? v) permite entender a aprendizagem como uma atividade personalizada e situada, mediada por tecnologias?

Essas questões, para os referidos autores, são bem respondidas pela TA, pois esta considera a aprendizagem como um processo ativo de construção de conhecimentos e habilidades, por meio de atividades, no contexto de uma comunidade. Além disso, dá suporte não só ao processo contínuo de desenvolvimento pessoal, como também às rápidas mudanças conceituais da era atual [23]. Assim, os autores defendem a TA para fundamentar atividades em m-learning e descrevem o relacionamento dialético entre

tecnologia e aprendizagem, por meio de um *framework* que é uma adaptação do diagrama de Engeström [19].

Waycott et al. [24] também analisam contribuições da TA para m-learning, dentre as quais se destacam: i) possibilidade de análise de como o usuário se adapta aos instrumentos, de acordo com sua prática cotidiana e preferências, e de como os mesmos modificam o objeto da atividade; ii) reflexões sobre as contradições [19], o que contribui para a compreensão do impacto da introdução de uma nova tecnologia na aprendizagem, tanto em termos das contradições que a nova ferramenta ajuda a resolver, como as criadas pela sua utilização.

Ratificando as idéias descritas anteriormente, Uden [25] defende que a TA pode fundamentar projetos de m-learning. Segundo a autora, essa teoria permite analisar os principais elementos de contexto em que a atividade ocorre e como estes podem influenciar na aprendizagem. O referido contexto abrange aspectos internos às pessoas (motivações, objetivos, entre outros) e externos (artefatos, outras pessoas, aspectos ambientais, entre outros). Há, ainda, aspectos específicos relacionados às tecnologias móveis (aspectos técnicos, usabilidade, mobilidade, entre outros). Além disso, a TA incorpora uma forte noção de mediação (atividades mediadas por artefatos, em nível interno e externo), de história (atividades se desenvolvem e mudam) e colaboração (uma atividade é exercida por um ou mais indivíduos, visando obter resultados desejados, dentro de uma comunidade, de acordo com um conjunto de regras). Nessa visão, Uden [25] propõe uma metodologia, totalmente embasada na TA, para projetar o ambiente de aprendizagem e o contexto de utilização em m-learning.

Assim, segundo os autores citados, a TA tem potencial para fundamentar atividades em m-learning. Também neste estudo, este posicionamento é adotado.

4. CONSTRUINDO UM MODELO PEDAGÓGICO PARA M-LEARNING EM MATEMÁTICA

Apresenta-se, nesta seção, o M-learnMat, um modelo pedagógico que está sendo desenvolvido especificamente para atividades de m-learning em Matemática, tendo por base a Teoria da Atividade. Este segue a proposta de modelo pedagógico de Behar [9] sem, no entanto, focalizar exclusivamente a Educação a Distância.

O M-learnMat tem por objetivo orientar atividades que envolvam o uso (não exclusivo) de dispositivos móveis na Matemática do Ensino Superior. Com o mesmo, visa-se que as ações pedagógicas, na referida área, sejam melhor definidas, com objetivos claramente estabelecidos e estratégias organizadas para o alcance destes. Entende-se que o M-learnMat pode contribuir para um melhor aproveitamento das potencialidades dos dispositivos móveis, tendo em vista a aprendizagem matemática.

As orientações propostas no modelo têm como base a literatura da área de m-learning (geral e relacionada à Matemática), concepções da Teoria da Atividade e experiência das autoras. Para a determinação do público alvo (alunos do Ensino Superior), além das dificuldades nas disciplinas de Matemática, considerou-se que, muitas vezes, esses alunos já têm diversos

compromissos e precisam aproveitar melhor o tempo, mesmo que em locais não tradicionais de estudo. Nesse sentido, os dispositivos móveis podem facilitar, por exemplo, o acesso aos recursos e a comunicação entre os envolvidos. Além disso, considera-se que focar em um público alvo mais maduro e com maior necessidade de apoio tecnológico é mais adequado para a proposta inicial do modelo, uma vez que um trabalho com crianças ou pessoas muito jovens exigiria uma metodologia mais adaptada, devido às especificidades da idade.

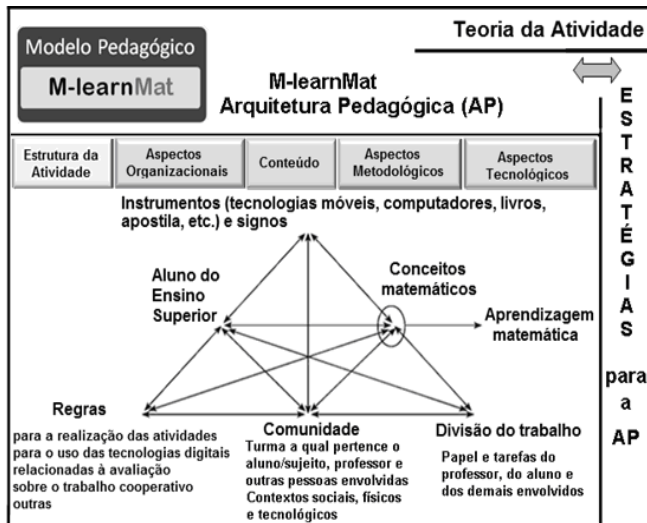


Figura 3. Estrutura do M-learnMat.

Para facilitar a explicação do modelo proposto, utilizou-se, na Figura 3, uma metáfora de uma página da Internet, na qual se simula que os elementos da arquitetura pedagógica contêm links que remetem às orientações correspondentes.

4.1 Estrutura da Atividade

Apresenta-se, na Figura 3, uma adaptação do diagrama de Engeström [19] (Figura 2), para o contexto do M-learnMat, considerando:

- Sujeito: aluno do Ensino Superior, que tenha Matemática em sua grade curricular;
- Objeto de aprendizagem: conceitos matemáticos;
- Resultado: aprendizagem matemática;
- Instrumentos: tecnologias móveis, computadores, redes de conexão, livros, apostilas, entre outros;
- Regras: são normas que orientam os procedimentos da atividade. Assim, existem regras relacionadas às ações a serem desenvolvidas, ao uso das tecnologias digitais, ao tipo de avaliação, ao trabalho colaborativo, entre outras;
- Comunidade: é formada por todas as pessoas envolvidas no sistema de atividade. Logo, no M-learnMat, a comunidade é formada pela turma do Ensino Superior à qual pertence o sujeito (aluno), o professor de Matemática e demais pessoas que possam estar relacionadas à atividade. É importante considerar que a comunidade está sempre inserida em contextos sociais, físicos e tecnológicos que não podem ser ignorados;
- Divisão do trabalho: papel e tarefas do professor, aluno e de outras pessoas envolvidas na atividade.

Essa estrutura permite entender que a relação entre aluno e conceitos matemáticos é mediada por instrumentos (nos quais se encontram os dispositivos móveis) e signos. Mas, além disso, o triângulo entre aluno, conceitos e a comunidade permite entender que a relação entre estes também é mediada pela comunidade. Da mesma forma, as regras e a divisão de trabalho são mediadoras da relação aluno-conceitos matemáticos. Assim, esta estrutura permite a análise de várias relações entre os componentes do sistema, mostrando a interdependência entre os mesmos.

Como o trabalho com dispositivos móveis tem forte ligação com o contexto social, entende-se que, para o M-learnMat, a estrutura mostrada na Figura 3 é fundamental, permitindo a análise dos componentes envolvidos, de forma integral. Esta estrutura é a base do modelo proposto e em todos os aspectos descritos a seguir deve-se levar em consideração seus componentes e o relacionamento entre os mesmos.

4.2 Aspectos Organizacionais

Estes aspectos são relacionados à preparação da atividade de Matemática envolvendo m-learning. Isso inclui, por exemplo, determinação dos objetivos a serem alcançados, definição de papéis dos participantes e das tecnologias adotadas e questões relacionadas a tempo e espaço.

Com relação a estes aspectos, foram identificadas algumas orientações para as estratégias a serem adotadas pelo professor. Entende-se que estratégias são formas como o professor irá colocar em prática os referidos aspectos, conforme defendido por Behar [9]. Assim, as orientações a seguir são recomendações a serem consideradas quando o professor for operacionalizar os aspectos organizacionais da atividade a ser promovida.

- analisar o contexto de aprendizagem, tanto em termos de aspectos internos às pessoas (motivações, objetivos, entre outros), quanto externos (instrumentos, atores envolvidos, aspectos ambientais, entre outros). Isso inclui, por exemplo, verificar a receptividade dos alunos com relação à proposta de utilização de dispositivos móveis com fins educacionais;
- identificar os motivos da atividade proposta;
- estabelecer as ações a serem promovidas e objetivos a serem alcançados com as mesmas, assim como operações a serem realizadas;
- refletir sobre o papel dos dispositivos tecnológicos, como artefatos mediadores, entendendo que instrumentos materiais representam métodos e operações e não objetivos;
- entender o papel do professor como mediador humano. As ações do professor devem levar o aluno a sentir necessidade dos conceitos a serem trabalhados;
- compreender o papel do aluno no processo de aprendizagem, suas motivações, interesses, habilidades para estudo, entre outros. Assim como, entender o papel dos colegas, atuando também como mediadores humanos.

4.3 Aspectos relacionados ao Conteúdo

O conteúdo matemático, a ser abordado no Ensino Superior, deve ser analisado de forma que possa ser trabalhado por meio de dispositivos móveis. Considera-se que, assim como no caso dos computadores, a simples reprodução de material tradicional para

uso nestes dispositivos não é o diferencial de m-learning, embora possa até ser útil em alguns contextos. Um uso mais proveitoso destes dispositivos requer que o conteúdo seja compreendido de forma mais ampla até mesmo pelo professor. Algumas orientações para as estratégias a serem adotadas pelo professor, com relação ao conteúdo, são:

- identificar que partes do conteúdo podem ser bem trabalhadas por meio de tecnologias móveis e que partes são melhor apoiadas por outras tecnologias (ou mesmo nenhuma);
- elaborar materiais pedagógicos que possam ser estudados/respondidos por meio do dispositivo móvel adotado. Nesse sentido é importante considerar que a digitação de fórmulas e símbolos matemáticos pode ser problemática em dispositivos móveis;
- organizar abordagens que permitam explorar os recursos do próprio dispositivo no estudo dos temas considerados: vídeos, fotografias, músicas, entre outros;
- considerar conceitos como meios de realização de ações complexas, que devem ser construídos pelos alunos, de forma consciente. Assim, a atividade é condição necessária para a formação dos conceitos;
- selecionar aplicativos que possam subsidiar o estudo do tema, de acordo com o dispositivo adotado. Nesse sentido, é importante considerar que o aplicativo deve:
 - ✓ apresentar interface adequada ao público alvo a que se destina;
 - ✓ possuir funções da interface (ícones, menus, etc.) fáceis de serem entendidas;
 - ✓ apresentar as convenções e definições relacionadas à Matemática de maneira correta;
 - ✓ permitir o desenvolvimento das capacidades de raciocínio e de resolução de problemas;
 - ✓ possibilitar visualização e investigação dinâmica de fatos matemáticos;
 - ✓ contribuir para a construção de abstrações matemáticas, evitando a mera memorização de algoritmos;
 - ✓ permitir explorar os conteúdos de forma consistente;
 - ✓ possibilitar o desenvolvimento da capacidade de avaliar informações criticamente;
 - ✓ facilitar o entendimento da Matemática como uma linguagem de comunicação, por meio da qual é possível modelar e interpretar a realidade.

4.4 Aspectos Metodológicos

No M-learnMat, a questão metodológica é fortemente norteadada pela Teoria da Atividade e, em particular, pelas concepções de Davýdov [22]. Estes aspectos incluem questões relacionadas à formação do pensamento matemático, formas de desenvolvimento das atividades, procedimentos de avaliação, integração entre tecnologias, entre outros. Algumas orientações são:

- considerar que a lógica da formação do pensamento teórico vai do geral para suas manifestações particulares;
- apresentar, para cada tópico abordado, situações que deram origem à necessidade do mesmo;
- orientar os alunos em uma situação-problema, cuja solução requer o novo conceito;

- considerar que o principal não é a resolução correta do problema em si, e sim o pensamento envolvido na resolução, que deve possibilitar generalizações;
- identificar a relação geral que serve de base para a solução de problemas. A relação geral é aquela que está na base de diversos fenômenos, cuja compreensão contribui para entender a associação entre os mesmos;
- estabelecer um modelo simbólico que permita estudar os princípios básicos da relação geral;
- desenvolver atividades específicas que permitam estudar estes princípios básicos. Estas atividades devem, posteriormente, passar para um plano mental (internalização);
- analisar o desenvolvimento das atividades, buscando compreender a natureza das mudanças que ocorrem em diferentes fases;
- identificar contradições internas [19], que podem, por exemplo, ocorrer em cada um dos componentes do sistema de atividade (mostrado na Figura 3) ou entre os mesmos, alterando, algumas vezes, o curso da atividade;
- estabelecer os meios pelos quais será promovida a comunicação entre as pessoas envolvidas;
- incentivar a interação entre as pessoas, por meio do uso de dispositivos móveis;
- promover a integração de tecnologias móveis e não móveis;
- promover o uso consciente e crítico dos recursos digitais utilizados, assim como a análise das informações obtidas por meio dos mesmos.

4.5 Aspectos Tecnológicos

Os aspectos tecnológicos estão relacionados à tecnologia móvel, o que não exclui, no entanto, a utilização de outros recursos. Os dispositivos móveis para m-learning, tais como os celulares/smartphones e os PDA (*Personal Digital Assistants*), devem possibilitar o acesso a conteúdos e recursos educacionais e permitir a comunicação entre a comunidade envolvida. Além disso, devem ter um tamanho que contribua para a mobilidade. Algumas recomendações:

- entender que o uso da tecnologia móvel deve colaborar para reflexões individuais e para análises coletivas sobre os conceitos matemáticos abordados;
- analisar alterações na relação professor-aluno, relacionadas à utilização de dispositivos móveis;
- utilizar os dispositivos móveis de forma a contribuir para o desenvolvimento da autonomia na exploração de temas matemáticos, bem como para aprendizagens em contextos reais;
- identificar o dispositivo móvel a ser utilizado. Recomenda-se, sempre que possível, utilizar os dispositivos dos próprios alunos, porém deve-se considerar que é preciso:
 - ✓ analisar as características físicas, técnicas e funcionais dos mesmos. Isso inclui, avaliar, por exemplo, fatores limitadores do uso e as implicações destes no desenvolvimento das atividades. Por exemplo: tamanho de tela, praticidade de uso, capacidade de armazenamento, entre outros. Além disso, existem fatores relacionados, como custos

de conexão e *download*, que devem ser considerados;

- ✓ estar atento a problemas decorrentes da variedade de recursos de cada modelo de dispositivo;
- ✓ permitir o reconhecimento prévio dos recursos, pois mesmo que o dispositivo seja do aluno, isso não significa que o mesmo tenha familiaridade com todos os recursos disponíveis. Recomenda-se, nesse sentido, um questionário de sondagem para entender melhor a relação do usuário com o dispositivo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na Matemática, em geral, as tecnologias digitais permitem simulações, visualizações, experimentações, levantamento de hipóteses, entre outras ações. Com m-learning, adicionam-se possibilidades extras, tais como praticidade, mobilidade, alcance de maior número de pessoas, aprendizagens em contextos reais, entre outras. Nesse sentido, o uso, em dispositivos móveis, de aplicativos específicos, ou mesmo, de recursos gerais, como mensagens de texto, fotografias, vídeos, entre outros, pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Matemática. Visa-se tornar este processo mais acessível e mais próximo da realidade do aluno.

Modelos pedagógicos que levem em consideração o uso destes dispositivos, nas diversas áreas curriculares, são importantes, pois podem permitir uma organização mais consistente das práticas pedagógicas e melhor aproveitamento dos recursos tecnológicos. Tais modelos devem considerar aportes teóricos que orientem as ações segundo seus princípios. Para a elaboração do M-learnMat, adotou-se a Teoria da Atividade. A aprendizagem, de acordo com esta teoria, ocorre em ativa interação com outras pessoas, tendo os instrumentos e signos como recursos mediadores essenciais. Entende-se que a própria concepção de aprendizagem, de acordo com a TA, engloba diversos aspectos pertinentes à m-learning: contextos sociais, mediação por instrumentos, colaboração, interação, entre outros.

Com o M-learnMat espera-se colaborar para o desenvolvimento de atividades de m-learning em Matemática. Após a conclusão de sua elaboração, o referido modelo será aplicado em casos de estudo, visando verificar a adequação do mesmo aos seus propósitos. O referido modelo é direcionado ao Ensino Superior, no entanto, a pesquisa é um processo que evolui e, nesse sentido, em estudos futuros, poderão ser desenvolvidos novos modelos, a partir do M-learnMat, adaptados a outros públicos alvo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Palis, G. L. R. 2009. Pesquisa sobre a própria prática no ensino superior de Matemática. In *Educação Matemática no Ensino Superior: pesquisas e debates*, M. C. R. Frota e L. Nasser, Org. SBEM, Recife, PE, Brasil, 203-221.
- [2] Soares, E. M. S. e Sauer, L. Z. 2004. Um novo olhar sobre a aprendizagem de Matemática para a Engenharia. In *Disciplinas Matemáticas em Cursos Superiores: reflexões, relatos, propostas*, H. N. Cury, Org. EDIPUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil, 245-270.
- [3] Calle, R. C. G. y Vargas, J. A. T. 2008. Incorporación de Tecnologías Móviles para Mejorar el Aprendizaje de Cálculo, Soportada en una Propuesta Didáctica: caso de estudio para Cálculo de Varias Variables. En *Actas del IX Congreso Nacional Informática Educativa, Redes, Comunidades de Aprendizaje y Tecnología Móvil* (Barranquilla, Colômbia, Julio 09-11, 2008). 1-10. <http://cimm.ucr.ac.cr/ojs/index.php/eudoxus/article/view/425/423>
- [4] Eduinnova. 2009. *Tecnología Portátil en la Sala de clases: Pocket PC* (Proyecto Piloto – Informe Final). http://colabora.inacap.cl/sitios/ciedu/Documentos%20compartidos/Archivos_Pag_CIEDU/Informe_final_Eduinnova.pdf
- [5] Baya'a, N. and Daher, W. 2009. Students' perceptions of Mathematics learning using mobile phones. In *Proceedings of the 4th International Conference on Mobile and Computer Aided Learning* (Amman, Jordan, April 22). 1-9. http://users.qsm.ac.il/cellmath/Material/Conferences/IMCL2009/students_perceptions_of_mathemat.pdf
- [6] Ortiz Ocaña, A. L. 2005. *Diccionario de Pedagogía, Didáctica y Metodología*. Editorial Antillas, Colombia.
- [7] Behar, P. A., Passerino, L., e Bernardi, M. 2007. Modelos Pedagógicos para Educação a Distância: pressupostos teóricos para a construção de objetos de aprendizagem. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 5, 2 (Dez. 2007), 1-12.
- [8] Zabala, A. 1998. *A prática educativa: como ensinar*. Artmed, Porto Alegre, RS, Brasil.
- [9] Behar, P. A. e colaboradores. 2009. *Modelos Pedagógicos em Educação a Distância*. Artmed, Porto Alegre, RS, Brasil.
- [10] Traxler, J. 2009. Current State of Mobile Learning. In *Mobile learning: transforming the delivery of education and training*, M. Ally, Ed. AU Press: Canada, 9-24.
- [11] Prensky, M. 2001. Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*. MCB University Press, United Kingdom. 9, 5, (Oct. 2001), 1-6.
- [12] Peters, K. 2009. M-learning: positioning educators for a mobile, connected future. In *Mobile learning: transforming the delivery of education and training*, M. Ally, Ed. AU Press, Canada, 113-132.
- [13] Wains, S. I. and Mahmood, W. 2008. Integrating m-learning with e-learning. In *Proceedings of the 9th Conference on Information Technology Education* (Cincinnati, OH, USA, October 16 – 18). ACM, New York, USA, 31-38. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/1414558.1414568>
- [14] Sharples, M., Arnedillo Sánchez, I., Milrad, M., and Vavoula, G. 2009. Mobile Learning: small devices, big issues. In *Technology-Enhanced Learning: principles and products*, N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. Jong, A. Lazonder, and S. Barnes, Ed. Springer, Netherlands, 233-249. DOI=<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9827-7>
- [15] Sheng, H., Siau, K., and Nah, F. 2010. Understanding the values of mobile technology in education: a value-focused thinking approach. ACM, New York, USA 41, 2 (May

- 2010), 25-44. DOI=
<http://doi.acm.org/10.1145/1795377.1795380>
- [16] Leont'ev, A. N. 1978. *Activity, Consciousness, and Personality*. Prentice-Hall, NJ, USA.
- [17] Núñez, I. B. 2009. *Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos*. Liber Livro, Brasília, Brasil.
- [18] Leontiev, A. N. Uma Contribuição à Teoria do Desenvolvimento da Psique Infantil. 2001. In *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*, L. S. Vigotskii, A. R. Luria, e A. N. Leontiev. Ícone, São Paulo, SP, Brasil, 59-83.
- [19] Engeström, Y. 1987. *Learning by Expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Orienta-Konsultit Oy, Helsinki, Filand.
- [20] Engeström, Y. 1999. Expansive Visibilization of Work: an activity-theoretical perspective. *Computer Supported Cooperative Work*. Kluwer Academic Publishers, 8, 1-2 (Feb. 1999), 63–93. DOI= [10.1023/A:1008648532192](https://doi.org/10.1023/A:1008648532192)
- [21] Engeström, Y. 2001. Expansive Learning at Work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*. Taylor & Francis Ltd, 14, 1 (Feb. 2001), 133-156. DOI= [10.1080/13639080020028747](https://doi.org/10.1080/13639080020028747)
- [22] Davýdov, V. V. 1982. *Tipos de Generalización en la Enseñanza*. Editorial Pueblo y Educación, Havana, Cuba.
- [23] Sharples, M., Taylor, J., and Vavoula, G. 2005. Towards a theory of mobile learning. In *Proceedings of the 4th World Conference on Mlearning (m-Learn)* (Cape Town, South Africa, October 25 – 28, 2005). <http://www.mlearn.org.za/papers-full.html>
- [24] Waycott, J., Jones, A., and Scanlon, E. 2005. PDAs as lifelong learning tools: an activity theory based analysis. *Learning, Media and Technology*, 30, 2 (Jul. 2005), 107-130. DOI= [10.1080/17439880500093513](https://doi.org/10.1080/17439880500093513)
- [25] Uden, L. 2007. Activity theory for designing mobile learning. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, Inderscience Enterprises Ltd., 1, 1 (Feb. 2007), 81–102. DOI= [10.1504/IJMLO.2007.011190](https://doi.org/10.1504/IJMLO.2007.011190)