
ADeCUI: sistema de análise da qualidade da interface de softwares educativos baseado em modelo construtivista de cognição

Prof. Dr. Alex Sandro Gomes Centro de Informática da UFPE asg@cin.ufpe.br	Francisco José de Azevedo Alves Universidade de Fortaleza alves@secrel.com.br
---	---

Resumo

Em decorrências da quase inexistência de abordagens teóricas relativas à adaptação dos usuários aos sistemas relacionando de forma dialética aspectos cognitivos e materiais envolvidos na ação dos usuários (Shneiderman, 1998)^[1], neste artigo propomos a utilização de um modelo construtivista de análise da adaptação dos usuários a interfaces educativas e da aprendizagem que emerge no uso das interfaces. Num primeiro momento, apresentaremos um modelo construtivista da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos (Gomes, 1999)^[2]. Em seguida, apresentamos uma ferramenta de suporte a esse tipo de análise que compartilha o mesmo modelo teórico (Gomes, 1999). Essa ferramenta foi concebida a partir de concepções construtivistas de ação e desenvolvimento (Piaget, 1934, 1937), de gênese instrumental (Mounoud, 1970^[3]; Rabardel, 1995), de aprendizagem (Vergnaud, 1990)^[4] e de aprendizagem mediada (Gomes, 1999). Esse sistema permite a codificação dos protocolos em termos de entidades definidas na teoria que desenvolvemos, e torna viável a análise da gênese instrumental, adaptação dos usuários as interfaces, e da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos. Assim sendo, chegamos, de uma forma experimental, a determinadas conclusões sobre a qualidade de interfaces educativas.

Introdução

Tradicionalmente a avaliação de interfaces educativas ocorre mediante a observação de seus aspectos constitutivos. Interfaces são avaliadas de forma descritiva, observando-se princípios e *guide lines* restritos para criação das interfaces. Poucos estudos utilizam modelos construtivistas de desenvolvimento cognitivo para modelar as ações dos usuários com os sistemas (Shneiderman, 1998). A maioria desses estudos utiliza o modelo da teoria do processamento da informação como metáfora do processamento cognitivo humano.

De forma mais específica, o processo de criação de softwares educativos demanda a identificação ou inferência dos conhecimentos que provavelmente podem emergir nas ações dos usuários com as interfaces. Na maioria das vezes, isso ocorre de forma não sistemática. Ter uma visão sistemática acerca dessa informação implica em aplicar um modelo teórico que modele processos de organização de ação com a interface de forma inteligível e isso em

^[1] Shneiderman B. (1998) *Designing the user interface : strategies for effective human-computer-interaction*, Addison.

^[2] Gomes A. S. (1999) *Développement conceptuel consécutif a l'activité instrumentée - L'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège*, Thèse de doctorat, Université Paris V, Paris (www.cin.ufpe.br/~asg/gomes1999.exe).

^[3] Mounoud P. (1970) *Structuration de l'instrument chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé: Lausanne.

^[4] Vergnaud G. (1990) La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 10, n° 2.3, pp. 133-70.

elementos teóricos que relevam da organização da ação e dos conhecimentos subjacentes às mesmas. Para realizar essa análise da aprendizagem consecutiva às ações com artefatos utilizamos os conceitos construtivistas de esquema e instrumento.

As vantagens desse modelo residem no fato de o mesmo possibilitar a viabilização e análise dos componentes dos esquemas que organizam as ações, permitindo assim a criação de uma distribuição compreensível entre os elementos da interface que são eventualmente utilizados pelos usuários e os conhecimentos que emergem na ação com esses elementos. Assumimos que aprendizagem de conceitos que ocorre mediante o uso da interface. Assim, necessitamos articular dentro de um único modelo aspectos materiais e cognitivos.

Utilizar um modelo construtivista na análise da ação com artefatos significa assumir que as ações dos usuários são previamente organizadas por esquemas mentais, estruturas que representam conhecimentos e viabilizam a organização das ações. Neste artigo, adotamos um modelo de esquema proposto por Vergnaud (1997)^{5[5]} que permite, além de descrever a organização das ações, identificar, por meio de inferências, os elementos e a dinâmica internos de um esquema. Esse autor propõe que o esquema é constituído de informações acerca da realidade que rodeia o usuário e do uso de artefatos (regras de ação), seus objetivos e conhecimentos identificáveis como científicos, mesmo que implícitos e não explicitáveis pelos usuários (teoremas-em-ato). A partir desse conceito, redefinimos o conceito de instrumento proposto por Rabardel (1995)^{6[6]}. Da mesma maneira, com base na análise dos elementos constituintes do esquema, podemos reconstruir uma representação da conceitualização que emerge no uso da interface (Gomes, 1999).

A partir da adoção desse modelo de instrumento podemos decodificar ações, seqüências de ações, assim como artefatos em unidades de subcategorias de análises. Esse processo demanda um controle complexo por parte daquele que o aplica. Em contrapartida, é possível criar uma representação detalhada da conceitualização que emerge com mais freqüência no uso de uma interface educativa. Quando esse fato ocorre durante o processo de desenvolvimento de um software educativo temos condições de verificar se a interface promove a aprendizagem esperada dentro de um limite de tolerância, que entendemos como o limite da aplicação de uma interface educativa.

Interface e aprendizagem mediada

Partimos do princípio construtivista de que os indivíduos agem mentalmente mediante a adaptação progressiva de seus esquemas mentais a novas situações. Para estabelecer de forma coerente uma relação entre a adaptação dos usuários às interfaces e a consecutiva aprendizagem, propomos um modelo que articule essas duas dimensões da atividade material e cognitiva, como ocorre no uso de interfaces (Gomes, 1999)^{7[7]}. Para tanto, vemos as ações dos usuários com as interfaces como sendo ações mediadas por instrumento mediante a adoção do conceito de instrumento definido pela teoria da gênese de instrumentos (Mounoud, 1970; Rabardel, 1995). Segundo esses autores, um instrumento existe quando esquema mental organiza a ação com um artefato^{8[8]} (parte de uma interface, por exemplo). Artefatos, materiais ou virtuais, são meios para atingir um objetivo. Esses esquemas especializam-se ao uso de artefatos particulares. Observe, no entanto, que essa definição não adota uma definição de esquema que não leva em consideração os elementos constituintes do esquema e sua dinâmica interna, assim como definido por Vergnaud (1997).

^{5[5]} Vergnaud G. (1997) The nature of mathematical concepts. In T. Nunes e P. Bryant (Eds.), pp. 5-28.

^{6[6]} Rabardel P. (1995) *Les hommes et les technologies - Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris: Armand Colins.

^{7[7]} Essa tese está disponível em www.cin.ufpe.br/~asg. Ver arquivo Gomes1999.exe.

^{8[8]} Utilizaremos indistintamente os termos 'artefato' e 'interface' dado que neste contexto os dois confundem-se.

Esse modelo de esquema é tal que permite identificarmos a conceitualização emergente numa ação com artefatos. Como esse não é incompatível com a definição de instrumento, temos a possibilidade de redefinir a noção de instrumento tal como proposta por Rabardel (1995), que assim definida, possibilita, em um único modelo, estabelecermos relação entre a atividade cognitiva (elementos constituintes do esquema e sua dinâmica) dos sujeitos com aspectos materiais de sua ação (interfaces). Em outras palavras, substituindo da definição original de instrumento, que ainda adota a versão de esquema definida por Piaget, e adotando o esquema definido por Vergnaud (1997) - sua estrutura e dinâmica interna - na constituição de um novo conceito de instrumento. Propomos assim um modelo de esquema específico de 'ação instrumental' que toma como elemento de base à definição de instrumento proposta por Rabardel e a noção de esquema proposto por Vergnaud (1997). A partir desse novo modelo de instrumento, podemos tratar o problema da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos de forma direta.

Segundo a proposição de Vergnaud (1995), os esquemas são constituídos de vários elementos com funções de representação, a saber: objetivos, regras e invariantes. Esses elementos que constituem um esquema são teoricamente o reflexo daquilo que é representado pelo sujeito ao agir: é a representação que antecede a ação dos usuários. Nós utilizamos, preferencialmente, regras e invariantes. As regras são conhecimentos acerca de: (i) aspectos da estrutura de problemas a serem resolvidos, (ii) característica, funções e propriedades do artefato escolhido, (iii) aspectos subjacentes à escolha de um determinado artefato, ou ainda (iv) aspectos subjacentes a uma ação de interação social. Por sua vez, os invariantes são conhecimentos que correspondem, para um especialista que observa a ação, conceitos ou propriedades de conceitos de uma teoria de referência, como uma teoria Matemática, por exemplo. As pessoas podem utilizar conhecimentos matemáticos, muitas vezes sem ter consciência desse fato, e, portanto sem poder explicitar o que realmente fazem. Em outras palavras, os sujeitos organizam suas ações frente a novas situações, utilizando conceitos que dominam, que são equivalentes a conceitos matemáticos, mas não se referem a eles como sendo conceitos matemáticos.

Num primeiro momento, os usuários desenvolvem competências para manipular as interfaces, ocorrendo assim uma adaptação desses usuários às mesmas, num processo que se denomina desenvolvimento instrumental. Essa adaptação, no caso dos softwares educativos e num contexto de ensino de Matemática, ocorre concomitante à aprendizagem de conceitos matemáticos.

O desenvolvimento instrumental ocorre quando há transformações materiais do artefato, ou quando o mesmo muda de função para o usuário, ou ainda quando há transformação do esquema de ação com o artefato. Esse processo reflete a adaptação dos sujeitos à interface. Em outras palavras, em consequência do processo de desenvolvimento instrumental, os sujeitos aprendem o conteúdo veiculado pelos artefatos, matemático em ocorrência.

A partir desse modelo, a análise da aprendizagem consecutiva ao uso de artefatos divide-se em duas partes: análises do desenvolvimento instrumental e conceitual. Analisa-se o desenvolvimento instrumental por meio do acompanhamento das transformações dos elementos constituintes dos instrumentos: artefatos e esquemas. Por sua vez, a análise da aprendizagem ocorre a partir da identificação dos invariantes que emergem nas ações. Essa aprendizagem é reconstituída a partir dos elementos identificados, no momento em que constatamos e localizamos os esquemas de ação.

Sistema ADeCUI

Para a análise da aprendizagem, faz-se necessário identificar uma unidade de análise da ação. O sistema não decide quanto ao tamanho dessa unidade de análise. Cabe ao pesquisador demarcar e decodificar o protocolo. Cada linha de um protocolo corresponderá a uma unidade de ação no contexto de uma atividade. A delimitação da extensão de uma unidade

de ação é deixada a critério do pesquisador que deve defini-lo com clareza no início do processo de codificação. Em geral, definimos uma unidade de análise como sendo uma porção da atividade que correspondesse à execução de uma tarefa facilmente identificada e delimitada pela determinação de objetivos, meios e fins, início e término. Uma unidade de ação está teoricamente associada a um esquema de ação. Uma forma prática de definir os limites dessa unidade de análise seria estabelecendo cortes nos protocolos que pudessem ser descritos em termos de organizações invariantes, definição construtivista de esquema.

Cada elemento teórico tem uma função diferente para os processos de codificação, sistematização e análise dos dados verbais e não verbais digitados a partir da análise dos protocolos de observação. O sistema permite a codificação de uma seqüência inteira de passos de uma atividade. Para cada tipos de análise, identificam-se os elementos que compõem a ação instrumental dos usuários que são necessários. Em ambos os casos, a ação é decodificada em seus elementos básicos. No entanto, nem todos os dados são utilizados em todas as análises; há uma combinação de variáveis que ocorre, viabilizando as diferentes abordagens. À guisa de exemplo, se o estudo visa analisar a influência do uso de um livro didático na aprendizagem de Matemática, não podemos entrar com dados acerca da dimensão instrumental, mas podemos codificar informações acerca do sistema de representações empregado pelos sujeitos. Em um outro caso, quando a pesquisa tem por objetivo analisar a adaptação que ocorre com o uso de um sistema de instrumentos, as informações entradas correspondem a dados sobre a estrutura dos esquemas de ação instrumental, todas os dados sobre sistemas de representações não sendo necessário. O modelo de análise da aprendizagem consecutivo à ação instrumental que propomos^{9[9]} permite a análise da aprendizagem em ambas essas situações. O sistema permite a entrada de dados em forma de protocolos verbais (diálogos) e não verbais, i.e., gestos, ações, intervenções e formas de trabalhos coletivos, registrados (áudio e/ou vídeo), transcritos a partir da observação de atividades de resolução de problemas com instrumentos. Num primeiro momentos os sujeitos são identificados, assim como as seções de coleta de dados. Na Figura 1 mostramos os diálogos de cadastramento dos sujeitos e seções.

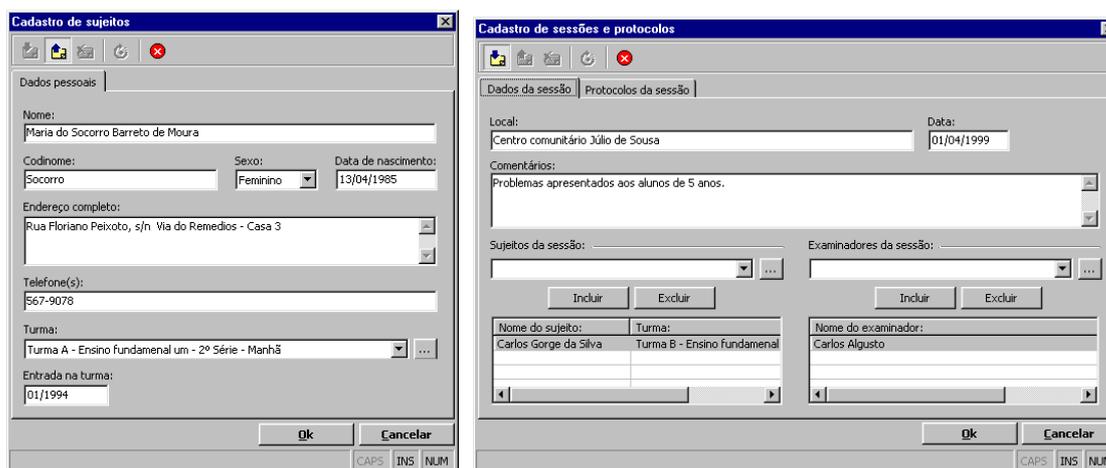


Figura 1 – Diálogo de cadastramento do sujeitos e de cadastramento de sessões

Os sujeitos são identificados no sistema por um código único. O mesmo sujeito pode participar de diferentes estudos, em contextos diversificados. Ao cabo de várias participações, podemos reconstituir o percurso realizado pelo usuário e acompanhar a evolução da adaptação do sujeito à interface e a aprendizagem de conceitos ocorrida ao

^{9[9]} Gomes (1999).

longo do tempo. Cada seção de coleta de dados é cadastrada. Na Figura 1 acima apresentamos o cadastro de sessões e protocolos.

Os dados dos protocolos são entrados no sistema através de digitação ou de uma importação de dados (arquivos texto com protocolos verbais ou não verbais). Pelo processo de digitação, o sistema permite a codificação de dados verbais (diálogos) e não verbais, que são digitados. Dados dessa natureza sobre ações com ou sem instrumento podem ser gestos, intervenções e formas de trabalhos coletivos. Esses dados são registrados (em áudio e/ou vídeo) e transcritos a partir da observação de atividades de resolução de problemas com instrumentos. A dificuldade intrínseca dessas análises reside no fato de que todos os valores entrados para cada uma das variáveis são inferências realizadas pelo pesquisador e, portanto, são todas sujeitas a influências subjetivas. Uma forma prática de transpor essa fonte de possíveis erros de interpretação é a adoção de um procedimento de análise que envolva mais de um juiz. A partir do modelo de instrumento que definimos, realizamos a identificação de todos os elementos que aparecem na ação dos usuários. Para isso, cada ação é decodificada em uma linha de uma tabela. Em primeiro lugar, realizamos uma breve descrição da ação que é esperada em termos de objetivos, por exemplo, ‘traçar retas paralelas’ com um software para o ensino de Geometria. Isso nos permite comparar, posteriormente, a ação observada com a ação efetivamente realizada. Em segundo lugar, colocamos uma informação acerca da avaliação do procedimento executado, o que pode ser certo tido como ‘correto’ ou ‘incorreto’. Em seguida, identificamos aspectos descritivos do Instrumento que emerge no momento da ação do sujeito. Descrevemos a organização DA AÇÃO em termos da descrição de um esquema, o tipo de esquema e o artefato utilizado na ação instrumental. Para fins de análise do desenvolvimento do instrumento, nos interessa inferir sistematicamente acerca da função do artefato no contexto de cada ação com instrumento. Além disso, é necessário identificar o objeto da ação com esse artefato.

Análise das ações

O objetivo dessa análise é o de produzir uma síntese inteligível da forma como os usuários organizam suas ações ao longo do tempo. Essa síntese pode ser apresentada em forma de relatórios e de gráficos. No momento da entrada dos dados para esse tipo de análise, é necessário informar ao sistema dados descritivos da organização das ações. A partir do modelo de instrumento que definimos^{10[10]}, realizamos a identificação dos elementos que aparecem na ação instrumental dos usuários. Cada ação é decodificada em uma série de variáveis. Uma primeira variável refere-se a uma breve descrição da ação que é esperada em termos de objetivos, i.e., descrevemos a tarefa que é executada pela unidade de ação correspondente. Por exemplo, traçar retas paralelas com um software para o ensino de Geometria. Isso nos permite comparar posteriormente a ação observada com a ação efetivamente realizada. Uma segunda variável corresponde a uma informação acerca da avaliação do procedimento executado: O mesmo pode certo tido como ‘correto’ ou ‘incorreto’. Esse valor permitirá ao sistema reconstruir a heurística utilizada pelo usuário, identificando os momentos nos quais o sujeito erra e as conseqüências desses erros. Cada linha de ação codificada recebe um código. À guisa de exemplo, num estudo sobre aprendizagem de Geometria com um software educativo, descrevemos em primeiro lugar a organização da ação correspondente a uma tarefa, por exemplo, “traçar retas paralelas com um software para Geometria”. Em seguida informamos ao sistema se o procedimento executado está correto ou incorreto. Cada ação codificada recebe um código único.

^{10[10]} Gomes (1999).

A análise da organização das ações permite descrever estruturas de esquemas e, também, comparar diferentes momentos da evolução de um dado esquema. Além de uma descrição da organização das ações, podemos proceder a análise de elementos que compõem os esquemas e, assim, expandir as possibilidades de análises possíveis. O exame dos componentes estruturais de esquemas - regras e invariantes - integra a análise da aprendizagem e da gênese instrumental. No caso da análise de regras, cada vez que uma nova regra, de um tipo particular, é identificada, essa nova regra integra o banco de dados do sistema constituindo-se em mais um elemento de conhecimento repertoriado. Um esquema, a partir da definição de Vergnaud, possui basicamente quatro grupos de componentes: objetivos, regras, invariantes e inferências, como descrito acima. Um esquema pode ser descrito pelos valores dos elementos que o constituem. Além disso, definindo esquemas semelhantes sob um mesmo nome ou não, podemos proceder com a análise da adaptação que ocorre ao longo do tempo. Esse tipo de análise é de fundamental importância, pois permite descrever de forma inteligível as transformações que ocorrem com os esquemas, ao longo do tempo e influenciado por fatores diversos.

A localização de esquema é uma etapa fundamental para descrever a gênese instrumental e a aprendizagem ao longo do tempo. Entretanto, essa é uma tarefa árdua, que demanda pelo menos duas competências do pesquisador. A primeira delas é a capacidade de estabelecer critérios para delimitar um esquema quando se deparar com um dado de evidência. A segunda seria a capacidade de poder identificar esquemas semelhantes ou equivalentes, criando assim uma classe de esquemas e por conseqüência localizando uma classe de situações para um sujeito. No primeiro caso, atualmente, não vislumbramos ainda uma possibilidade de o computador ocupar-se dessa tarefa. O pesquisador, munido do sistema ADeCUI, pode selecionar uma ou mais linhas de um protocolo e denominar esse conjunto de linhas da codificação como um esquema particular. No caso de o conjunto conter mais de uma linha, ou seja, mais de uma unidade de ação, estamos frente a um esquema composto por diversos subesquemas identificados.

Fizemos alusão a duas competências exigidas dos pesquisadores ao tratarem dados de aprendizagem mediada por instrumentos. A segunda envolvia a identificação de classes de esquemas. Teoricamente, não existem esquemas equivalentes, dado que a evolução é um processo contínuo e uma ação pode acontecer organizada exatamente da mesma maneira, o que constitui a dialética do modelo construtivista. No entanto, podemos definir um critério de similaridade que definirá o grau de similitude entre duas organizações de ações. Esse critério pode ser aplicado a esquemas de um mesmo sujeito em duplas ou em grupo; mesmo que não sejam os mesmo sujeitos da dupla ou de grupo.

Aprendizagem mediada no uso de softwares educativos

Para realizar a análise do desenvolvimento conceitual ou da aprendizagem, faz-se necessário acompanhar os elementos que compõem, em teoria^[111], o conceito: invariantes subjacentes às ações, sistema de representação utilizado para mediar a ação e situação evocada pelo sujeito. Essa análise ocorre em três etapas: (a) sistematização dos dados acerca das organizações das ações para análise do desenvolvimento instrumental, (b) identificação de situações e cruzamento com informações sobre invariantes mobilizados para análise da aprendizagem, (c) sistematizar os dados relativos à utilização de artefatos e mobilização de invariantes para concluir acerca da aprendizagem mediada. A identificação de aspectos do sistema de representação é simplificada, pois decorre da observação direta do tipo de sistema de representação que o sujeito utilizou para resolver o problema. A identificação do conjunto de invariantes que emerge das ações de inferência, realizadas pelo pesquisador, vem a se

^[111] Vergnaud (1997).

constituir em obstáculo. A determinação do tipo de situação é mais complexa, pois ocorre mediante a identificação indireta de uma classe de esquemas que pode vir a corresponder ao conjunto de situações sob análise. Vejamos *como e para que* proceder com cada uma das identificações.

ANÁLISE DOS SISTEMAS DE REPRESENTAÇÕES

A dimensão representacional do conceito não deve ser codificada diretamente, pois na ação um usuário não mobiliza um sistema como um todo. No contexto de uma ação um usuário faz uso de uma regra simples interna a um sistema simbólico (aritmético, algébrico e gráfico). Essa regra pode estar em conformidade com o sistema formal ou pode ser parte de uma produção idiossincrática do usuário. Em ambos os casos, o pesquisador deve saber inferir sobre sua forma e entrar no sistema ADeCUI. Por exemplo, suponha que estejamos analisando a resolução de problemas com um software que dispõe de múltiplas representações. Cada ação será mediada por partes dos sistemas simbólicos presentes e as regras dependem do uso que os usuários fazem dessas partes da interface.

IDENTIFICAÇÃO DOS INVARIANTES

A análise do desenvolvimento conceitual consecutivo ao uso de um instrumento é possível graças à existência de um componente específico do esquema, que permite modelar a evocação por parte do sujeito, de um elemento de uma teoria de referência. Esse elemento é o *teorema-em-ato* e foi introduzido na definição do esquema por Vergnaud (1980). Isso corresponde à hipótese da existência desse elemento, o que nos permite realizar inferências acerca dos conhecimentos subjacentes às organizações das ações dos indivíduos. Para realizar uma análise do desenvolvimento conceitual, devemos inferir acerca dos invariantes subjacentes às ações, o que ocorre no momento da digitação dos protocolos.

IDENTIFICAÇÃO DE SITUAÇÕES

Essa é a parte mais delicada do processamento dos dados no sistema. Uma situação é identificada quando podemos concluir se um sujeito está representando com regularidade um determinado problema. Isso significa que ele está mobilizando com frequência um determinado esquema de ação. Para localizar esquemas de ações num protocolo temos de localizar seqüências de passos – linha da tabela de protocolos – que sejam similares. Ora, a dificuldade começa com a necessidade de definir um critério de similaridade entre esquemas para a partir daí chegarmos ao que seja uma classe de situação. Além disso, as seqüências não precisam ter necessariamente a mesma quantidade de passos. O sistema ADeCUI auxilia ou viabiliza a análise que, manualmente, demandaria um controle extremo de registros por parte dos pesquisadores. No primeiro caso, na localização de esquemas individuais equivalentes, o sistema parte de um modelo definido pelo pesquisador e tenta identificar padrões de seqüências de linhas de protocolos que mais se assemelham ao esquema individual matriz. Os critérios adotados pelo ADeCUI para definir o grau de similitude dos esquemas podem ser ajustados. O pesquisador pode querer privilegiar aspectos diferentes na busca de esquemas similares. Por exemplo, pode privilegiar a busca de esquemas de ação similares quanto à organização das ações. Assim, o ADeCUI tenta localizar seqüências de ações similares nas descrições dos esquemas. Ao longo da atividade, a localização de esquemas ocorre por reconhecimento de comportamentos invariantes aproximados. Da mesma forma, na busca por similaridade podemos privilegiar os aspectos relativos ao instrumento e à aprendizagem. No primeiro caso, a busca atribuirá um maior pesos à quão mais similares sejam as variáveis: artefato, regras (de uso do instrumento), objeto da ação, função do artefato. No segundo caso, iremos atribuir maior peso a similaridade das variáveis: invariantes (teoremas-em-ato, conceitos-em-ato) e regras (do sistema simbólico). Em todos

os casos, o sistema analisará o conjunto completo das variáveis, atribuindo maiores ou menores pesos mediante o tipo de similaridade procurada.

CRUZAMENTOS ENTRE AS TRÊS DIMENSÕES

Durante a codificação dos protocolos, identificamos os invariantes e as regras de uso de sistemas de representação, mediante um processo semi-automático de análise, constatamos a ocorrência de situações na atividade dos sujeitos. Da mesma forma durante o processo de codificação de protocolos, começamos a identificar o sistema de representação que está sendo utilizado. A partir dessas três informações, podemos reconstituir uma representação da parte do conceito que foi devidamente apreendida. Uma representação de boa visualização seria em planos: (a) invariantes \times sistema de representação, (b) invariantes \times situação, e (c) situação \times sistema de representação.

Cada um desses planos fornece informações sobre a aprendizagem do conceito. No primeiro caso, invariantes \times sistema de representação, podemos concluir que a conceitualização que emerge associada a diferentes tipos de sistemas de representações. No segundo cruzamento, invariantes \times situação, pode-se concluir sobre a relação entre um conjunto de situações e os invariantes que são utilizados no momento que a situação é constituída. Num terceiro momento, a relação entre situação \times sistema de representação informa sobre a relação entre o uso de formas de mediação dos conceitos e a conceitualização.

Um relacionamento importante é observado quando cruzamos dados de conhecimentos relacionados com um saber de referência – invariantes – e conhecimentos relacionados com a realidade imediata – regras. Nesse caso, podemos correlacionar formas de uso de instrumentos ou sistemas de representações com o conhecimento que é evocado e de que forma ele é evocado; seja pela interação com um outro sujeito ou com um sistema de instrumentos. Num estudo anterior (Gomes, 1999), esse cruzamento nos permitiu verificar que o número de invariante relativos a conceitos geométricos que emergiam de uma atividade com um conjunto de artefatos composto por régua e compasso não era, significativamente, superior ao conjunto de invariante que emergia do uso do sistema Cabri Géomètre. A nossa expectativa é de que com o sistema ADeCUI possamos realizar mais cruzamentos.

Conclusões

Nosso propósito aqui foi duplo. Tentamos resumidamente apresentar um modelo teórico acerca do desenvolvimento cognitivo que acreditamos ser útil à análise da adaptação de usuários a interfaces. Reconhecemos de imediato que essas análises são complexas. Em segundo lugar, apresentamos um sistema de análise qualitativa de dados sobre a adaptação cognitiva de usuários a interfaces. Descreveremos como os dados coletados manualmente são entrados no sistema e como ocorre o processamento das informações.

No paradigma de análise qualitativa de dados, esse sistema tem o mesmo peso a partir de protocolos exclusivamente verbais. Sua contribuição maior é a de permitir que dados verbais e não verbais, correspondendo a características da ação instrumental (Gomes, 1999) sejam entrados e tratados de forma semi-automática. O uso do sistema insere-se na prática de avaliação de forma preeminente, pois antecede o processo de análise a partir do momento em que permite a identificação de esquema, cujos modelos foram anteriormente codificados e sucede a análise. Desse modo permite a emissão de representações que sistematizam os dados analisados originalmente – Por exemplo, a emissão de relatórios relativos aos campos conceituais. Essa interferência no processo de análise é considerada positiva e enriquecedora em decorrência das possibilidades que emergem tais como produzir e de verificar inferências feitas, a partir da observação e o investimento de observações.

Bibliografia

- Gomes A. S. (1999) *Développement conceptuel consécutif a l'activité instrumentée - L'utilisation d'un système informatique de géométrie dynamique au collège*, Thèse de doctorat, Université Paris V, Paris [www.cin.ufpe.br/~asg/gomes1999.exe];
- Mounoud P. (1970) *Structuration de l'instrument chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé: Lausanne;
- Nunes et P. Bryant (Eds.) *Learning and teaching mathematics: An international Perspective* (1997), Psychology Press, Hove;
- Rabardel P. (1995) *Les hommes et les technologies - Approche cognitive des instruments contemporains*, Paris: Armand Colins;
- Shneiderman B. (1998) *Designing the user interface: strategies for effective human-computer-interaction*, Addison;
- Vergnaud G. (1990) La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, vol. 10, n° 2.3, pp. 133-70;
- Vergnaud G. (1997) *The nature of mathematical concepts*. In T. Nunes e P. Bryant (Eds.), pp. 5-28.
-