

Um Modelo para Avaliação do Conhecimento Acadêmico com Base em Unidades Conceituais

Marcio P. Feitosa¹, Nizam Omar¹

¹ Faculdade de Computação e Informática - Universidade Presbiteriana Mackenzie
Rua da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP - 01302-907
{marcio.feitosa,nizam.omar}@mackenzie.br

***Abstract.** This work proposes a model for accounting of academic knowledge based on basic conceptual units, constantly updated as new assessments are carried out, in order to give greater accuracy to the dimension of student knowledge. In addition to traditional school grades, the model provides both the teacher and the student with a series of current and historical indicators between the various concepts of a given subject and its related. Result of PhD thesis in final stage, the model was implemented in a prototype information system and submitted to tests, with the classes of the author's students, with consistent results.*

***Resumo.** Este artigo propõe um modelo para contabilização do conhecimento acadêmico com base em unidades conceituais básicas, constantemente atualizadas conforme novas avaliações são realizadas, com vistas a dar maior acurácia à dimensão do conhecimento do aluno. Além das notas escolares tradicionais, o modelo proporciona, ao professor e também ao aluno, uma série de indicadores, atuais e históricos, entre os diversos conceitos de uma determinada matéria e seus relacionados. Resultado de tese de doutorado em estágio final, o modelo foi implementado em um sistema de informação protótipo e submetido a testes, com as turmas de alunos do autor, com resultados consistentes.*

1. Introdução

A aferição de uma entidade abstrata pode envolver imprecisões proporcionais à quantidade de elementos que compõe o modelo dessa entidade. Se um aluno obtém nota 3.5 em uma prova de matemática de valor máximo 10, prova esta que consta de três questões - uma de equações de segundo grau, outra de sistemas de duas equações e a última de determinantes de matrizes 3x3 -, sendo que o professor atribuiu os valores 3.5, 3.5 e 3.0 a essas questões respectivamente, o que se poderia deduzir conhecendo-se apenas a nota final? Que o aluno conhece 35% de cada um desses tópicos abordados, ou que sabe muito bem equações do segundo grau e absolutamente nada dos outros dois? Não se tem como saber, a não ser que o professor faça uma discriminação das notas, questão a questão. Neste exemplo, a prova representa um todo, e é esse todo que se caracteriza pela nota atribuída. A precisão da estimativa das notas dos componentes vai variar em função da nota da prova estar próxima dos valores extremos¹ ou estar com valores intermediários e, também, da quantidade de questões.

Esse tipo de distorção dificulta a identificação de pontos fortes e fracos do aluno quando se olha apenas o instrumento prova. A identificação desses pontos facilitaria

¹ Se o aluno obteve nota próxima de 10, pode-se deduzir que tem conhecimento pleno de todos os itens, ou, próxima de 0, que tem dificuldade geral.

muito o atendimento aos alunos nas revisões, focando em tópicos específicos, aumentando a eficiência do ensino-aprendizado de forma geral (tempo, custo, etc.).

Outro aspecto a considerar é o caso do registro histórico "fossilizado". No modelo convencional de avaliação escolar, tendo sido avaliado determinado tópico, aquela nota fica no histórico escolar de forma estática. Se o aluno se saiu mal em um tópico em determinado momento, sua nota naquele tópico será aquela para sempre nos registros, independentemente dos aprimoramentos que o aluno venha a ter ao longo do tempo envolvendo aquele(s) conceito(s), mesmo que indiretamente, pois não será mais objeto direto das avaliações subsequentes. Pelo modelo de David Ausubel (Ausubel 2000), utilizado como base no modelo deste estudo, a estrutura cognitiva² se compõe de uma rede de conceitos interrelacionados, seja para compor associações, representando um todo maior, seja por representarem pré-requisitos para efetiva compreensão de outros. Pode-se reforçar este modelo citando a Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud (1993) que considera a conceitualização como o pilar de sustentação do desenvolvimento cognitivo e, portanto, a atenção aos aspectos conceituais dos esquemas de assimilação é de vital importância. Vergnaud diz ainda que um campo de conhecimentos não existe sem conceitos (apud MOREIRA, 2010 pg. 60). Por este modelo, sempre que um novo conceito é adquirido pelo indivíduo, ou recebe uma carga de reforço, parte desta energia é propagada aos conceitos que se relacionam com ele. Dessa forma, como veremos a seguir, o modelo proposto possibilita que conceitos já trabalhados anteriormente continuem sendo fortalecidos e sua "nota" se transformando.

Também foi levado em consideração o modelo da Competência proposto por McClelland (1973) que foi posteriormente consolidado, em termos mais práticos, para uso nos departamentos de Recursos Humanos das empresas, por Parry (1996). As empresas contratantes de profissionais do mercado de trabalho procuram por indivíduos capazes de resolver os seus problemas, e, devido ao crescente aumento da competitividade entre os mercados, a expressão "resolver problemas" cresceu em importância e aparece nas primeiras posições entre as competências desejadas (Ribeiro 2008), (Demirel 2009), (WEF 2016). Se a escola pretende preparar seus alunos para atuar no mercado de trabalho, deve considerar o fator competência dos seus alunos em resolver problemas, e não apenas verificar se eles sabem explicar conceitos de forma isolada. Perrenoud (1999) fez adaptações neste modelo da Competência, com olhar mais acadêmico e um forte enfoque na capacidade de mobilização dos recursos cognitivos, frente a situações específicas, para gerar ações e resultados.

Vindo para a atualidade, às portas da terceira década do século XXI, é consenso de que o conhecimento está sofrendo transformações em uma velocidade elevada, especialmente nas áreas envolvidas em ambientes tecnológicos, de forma que o profissional atuante nessas áreas tende a ficar com seu conhecimento obsoleto em espaços de tempo cada vez menores caso não se atualize em tempo hábil. Essa atualização tende a ser permanente ao longo da vida do profissional, no que se adotou o termo "lifelong learning" (Demirel 2009), (Haydar Ates 2012), (Marjan Laal 2012).

O modelo proposto neste trabalho pretende dar suporte à aprendizagem continuada, necessária ao século atual, e também representar o conhecimento por elementos fragmentados que possibilitem a reconfiguração das unidades de

² Não se trata do mesmo modelo trabalhado por Jean Piaget.

conhecimento requeridas pelo mercado de trabalho e também, por consequência, ensinadas nas universidades.

2. Trabalhos Relacionados

Existem muitos estudos, e também implementações, do modelo de dados do estudante com base em unidades conceituais. Nenhum desses trabalhos, no entanto, leva em consideração a propagação da aquisição dos reforços conceituais através da estrutura cognitiva de forma a manter todos os seus conceitos em permanente atualização e possibilitar a visualização de toda a estrutura e sua transformação ao longo do tempo.

Uma grande parcela desses trabalhos está associada à expressão "student model" no escopo dos sistemas tutores inteligentes. Chrysafiadi e Virvou (2013) fazem uma revisão bibliográfica abrangente das diferentes abordagens publicadas entre 2002 e 2012, citando os modelos baseados em restrições (constraint-based), os baseados em lógica fuzzy, nas redes bayesianas e baseados em ontologias. Mais recentemente pode-se citar o trabalho de McCoy (MacCoy 2018) com uma proposta de padronização com base em redes bayesianas; Khodeir e Wanas (2018) com um modelo baseado em restrições e técnicas adicionais; Gasmi e Bouras (2018) com um modelo baseado em ontologia com uma proposta de integração do estudante com o mercado de trabalho.

O sistema Willow, com elevado grau de detalhamento na modelagem lógica e funcional, com foco em avaliação assistida por computador (Pérez-Marín e Pascual-Nieto 2010). Proposta de um modelo avaliatório acadêmico com base na unidade conceitual (Pimentel 2006). Proposta de um modelo de apoio automatizado para avaliação por meio de mapas conceituais (Araújo, Menezes e Cury 2002), (Araújo, Menezes e Cury 2003).

3. Pressupostos teóricos

Como já citado no tópico "Introdução", o modelo apresentado neste trabalho se apoia nos modelos da Estrutura Cognitiva, proposto por Ausubel (2000) e da Competência, proposto por McClelland (1973).

4. O Modelo SABeC

Batizado, em primeiro momento, de SABeC, sigla de *Sistema de Avaliação Baseado em Conceitos*, o modelo mantém o registro das notas globais das provas e trabalhos, como feito tradicionalmente, e oferece, ao avaliador, a possibilidade de relacionar conceitos às questões integrantes e verificar os resultados obtidos pelos seus alunos nos mais diversos níveis de granularidade e, também, ao aluno verificar seus pontos fortes e deficiências. A definição da Estrutura Cognitiva foi modelada em árvore em tabelas de relacionamento | *conceito1* → *conceito2* | *tipo* | *peso* | e os resultados obtidos pelos alunos em tabelas de registro histórico com uma série de elementos ponderadores³.

4.1 O Conceito

Segundo Ausubel (2000), na tradução de Ligia Teopisto, pg. 2: "Podem definir-se os conceitos como objectos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo". O

³ O protótipo de laboratório foi implementado em JSP (Java Server Pages), HTML 5 e base de dados PostgreSQL.

conceito é o elemento base da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, cuja definição, em outras palavras, diz que entidades diversas têm seus significados específicos e que entidades que ocasionem o mesmo significado são do mesmo tipo, ou seja, são percebidas segundo o mesmo conceito ou, em alguns casos, por conceitos similares.

No SABeC, os conceitos são representados por palavras ou expressões compostas, por exemplo - Exponenciação, Álgebra linear, Programação Orientada a Objetos. Podem ser elementares (indivisíveis) ou serem constituídos por composições de conceitos elementares. Um conceito elementar deve ter a capacidade de representar, na íntegra, um determinado objeto, não carecendo de outro(s) para completar seu significado. O principal indicador de valor de um determinado conceito que um determinado indivíduo demonstra conhecer é o aqui chamado Fator de Percepção. Este número, definido como número real no intervalo entre 0 e 1 (extremos inclusos), representa o quão correto o indivíduo demonstra perceber um dado conceito em relação ao seu modelo considerado totalmente correto.

4.2 Relações entre conceitos

Na teoria da aprendizagem significativa, o principal relacionamento entre conceitos, na estrutura cognitiva, se dá entre os conceitos e seus pré-requisitos, os chamados subsunçores (Ausubel 2000). Dada uma adequada estruturação de conceitos e seus subsunçores, como já dito anteriormente, a cada novo conceito apresentado à estrutura cognitiva, ou reforço em conceito já existente, seus subsunçores também recebem uma parcela deste reforço. Portanto, no SABeC foi implementado este relacionamento em árvore, de forma que, ao receber uma nota (transformada em fator de percepção), um conceito transmite esta nota aos seus subsunçores e estes, por sua vez, aos seus e assim por diante até que os conceitos-folha da árvore sejam atingidos (Figura 1).

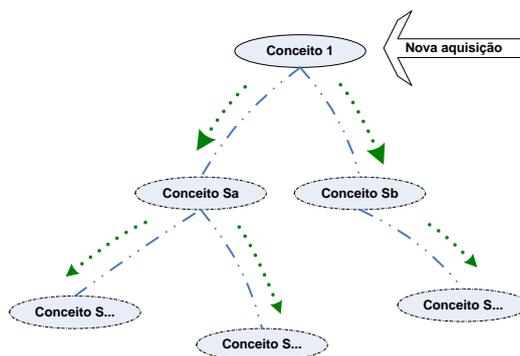


Figura 1 - Propagação de reforço de um conceito aos seus subsunçores

Outro tipo de relacionamento é o de um conceito composto por uma série de elementos menores. Esta é uma questão de natureza operacional do modelo proposto, pois, para um professor ficaria demasiadamente trabalhoso relacionar todos os conceitos elementares envolvidos em uma questão de prova sobre Programação Orientada a Objetos, por exemplo. Teriam que ser relacionados os conceitos de Classe, Objetos e Instanciação, Herança, Escopo de Visibilidade, Encapsulamento, Polimorfismo, Interfaces, Classes e Métodos Abstratos, entre outros. Logo, composições são necessárias para melhorar a usabilidade. Nos relacionamentos de uma composição, os reforços recebidos pelos conceitos também são repassados aos seus componentes.

Um terceiro tipo de relacionamento, identificado no decorrer da pesquisa em que o modelo foi desenvolvido, é o da similaridade entre conceitos. Existem conceitos que têm partes do seu conteúdo similares entre si. Por exemplo, na matéria Estrutura de Dados, vista nos cursos de Ciência da Computação e nos de Sistemas de Informação, os conceitos de Lista Simplesmente Encadeada e Lista Duplamente Encadeada são bastante semelhantes, sendo que o segundo tem um componente a mais em relação ao primeiro. Sendo assim, se um conceito tem relações de similaridade com outros, esses também são afetados.

Existem algumas regras nesses relacionamentos que não serão vistas aqui de forma aprofundada. Exemplos: os relacionamentos de um conceito com seus subsunçores são unidirecionais em todos os aspectos, ou seja, um subsunçor não tem visão nenhuma dos conceitos que nele se apoiam. Já os conceitos compostos e os similares possuem uma visão bidirecional a partir do momento em que o seu relacionado tiver sido objeto de pelo menos uma ocorrência avaliativa direta. Para os compostos, essa obrigatoriedade de existência prévia se dá no caso de propagação de baixo para cima. De cima para baixo não é necessário, pois o componente, por natureza, já faz parte do todo. A Figura 2 mostra uma composição onde o conceito A3 recebe uma carga de reforço e tanto seu ancestral (A), quanto seus descendentes (A31 e A32), por já existirem, também o recebem. Na Figura 3 o ancestral (A) ainda não existe na estrutura cognitiva, logo o reforço de baixo para cima não tem efeito. Já na Figura 4, onde um dos descendentes (A32) ainda não existe na estrutura cognitiva, passa a existir (Figura 5) por efeito do reforço.

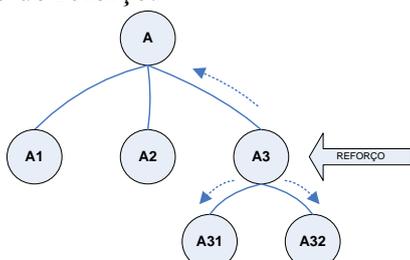


Figura 2 - Reforço superior e inferior

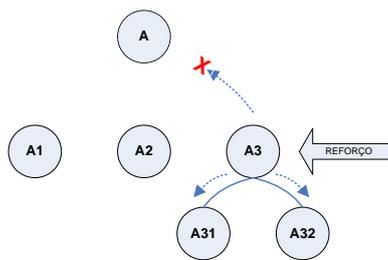


Figura 3 - Reforço superior não existe

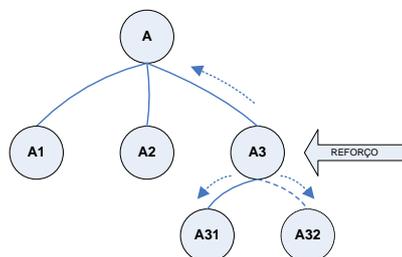


Figura 4 - Reforço inferior materializa o descendente

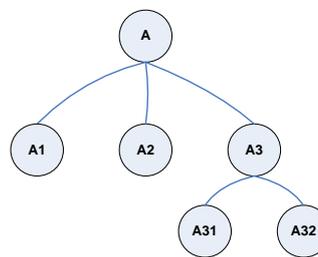


Figura 5 - Descendente materializado

Existem também pesos para esses relacionamentos. Nos casos dos subsunçores, podem-se ter relações de dependência mais fortes ou mais fracas, ou seja, a presença de um subsunçor pode ser condição *sine qua non* para a adequada assimilação de um novo conceito ou pode ser uma condição mais fraca. Nos casos dos similares também se podem ter relações de alta, média ou baixa similaridade. Já nos casos das composições, existem algumas diferenças. Os conceitos componentes fazem parte do corpo do conceito-todo, de forma que a existência do todo, na estrutura cognitiva, pode ser total, com a presença de todos os seus componentes, ou parcial, com a presença/falta de alguns, o que não ocorre com subsunçores e similares.

5. Histórico de aferições

No SABeC, todos os conceitos, objetos de aferições e seus relacionados afetados por propagação, são armazenados em ordem cronológica de forma a se poder obter um valor médio atualizado. Para que este valor médio tenha um significado contextual mais acurado, deverá ser calculado com fatores ponderadores e também ser exibido acompanhado de alguns desses fatores.

5.1 Fator de percepção

Este, já anteriormente citado, é o principal integrante do registro histórico. Sua faixa de valores estando entre 0 e 1 e reflete diretamente o valor relativo obtido pelo avaliado em um dado instrumento avaliatório⁴.

5.2 Fator de concentração

Calculado pelo modelo, mas sob o controle do professor, este fator indica a concentração de conceitos em um mesmo instrumento avaliatório e é o que vai propiciar uma melhor usabilidade do modelo. Por outro lado, é o responsável por diminuir a confiabilidade do fator de percepção, pois se houver diversos conceitos associados a determinado instrumento avaliatório, a nota obtida no instrumento será repassada na íntegra a todos esses conceitos. Sendo n a quantidade de conceitos⁵: $f_{cct} = 1/n$ (1).

No modelo implementado em laboratório, com objetivo de melhorar a usabilidade, o professor seleciona os conceitos que farão parte do instrumento através de cliques de mouse.

5.3 Fator de atualidade

Calculado pelo modelo, este fator indica o quanto um determinado registro é atual. O valor está na faixa de 0 a 1, sendo que 1 indica o valor na data tomada como referência inicial e valores menores indicam maior antiguidade em relação à essa data. Um registro com fator mais atual é, em princípio, mais confiável de que a percepção registrada do indivíduo esteja mais próxima da realidade atual. No protótipo de laboratório foi adotado o critério do decréscimo percentual por unidade de tempo: $f_{atu}=(1-p/100)^t$ (2). Onde p ($0 \leq p \leq 100$) é o valor percentual de decréscimo por unidade de tempo e t ($t \geq 0$) o tempo decorrido em relação à data de referência inicial.

5.4 Peso do conceito no contexto do instrumento avaliatório

Definido pelo professor, este fator indica o quanto um conceito é importante no instrumento avaliatório. $p_{iav1} \mid 0 < p_{iav1} \leq 1$ (3).

Escalas mais amigáveis podem ser definidas no *front-end* do modelo para uso do professor, por exemplo, 1=alto; 2=médio; 3=baixo, os quais seriam tratados internamente como, por exemplo: 0.33, 0.66 e 1.0.

⁴ Instrumento avaliatório é qualquer tipo de mecanismo que possibilite a obtenção de uma nota. Pode ser uma prova como um todo, cada uma das questões da prova, cada um dos itens de um projeto, entre outros.

⁵ Todos os métodos de cálculo e fórmulas utilizados neste modelo são passíveis de aprimoramento ou mesmo troca, podendo-se ter diversos padrões/critérios.

5.5 Peso do instrumento avaliatório relativo a outros tipos de instrumentos avaliatórios

Este fator é pré-definido internamente, não sendo de controle do professor. Indica o grau de confiabilidade de um fator de percepção originado por um determinado tipo de instrumento avaliatório. Por exemplo, uma prova presencial tem peso maior do que um trabalho entregue sem nenhum tipo de arguição aos elaboradores; uma prova respondida *online* tem peso menor do que um projeto implementado e apresentado ao professor.

$$p_{iav2} \mid 0 < p_{iav2} \leq 1 \quad (4)$$

5.6 Peso do conceito no contexto externo ao curso

Fator também pré-definido internamente, indica a importância de um determinado conceito em um curso, em relação a outros cursos. Por exemplo, conceitos no domínio da Inteligência Artificial são de elevada importância para o curso da Ciência da Computação, mas para o curso de Sistemas de Informação podem ser considerados de média importância e alguns até de baixa importância: $p_{iav3} \mid 0 < p_{iav3} \leq 1$ (5).

5.7 Fator de ênfase teórico-prática do instrumento avaliatório

Definido pelo professor, este fator não é ponderador no cálculo do fator de percepção médio. Indica a relação entre teoria e prática envolvida no instrumento avaliatório. A competência está fundamentalmente atrelada à dupla *saber-mobilizar*, o que significa deter os saberes teóricos e ter a capacidade de agir, no sentido de mobilizar os recursos necessários, para resolver os problemas em questão (Perrenoud 1999).

$$f_{etp} \mid 0 < f_{etp} \leq 1 \quad (6), \text{ onde } 1 = \text{totalmente teórico}; 0 = \text{totalmente prático.}$$

Da mesma forma que na expressão (3), também podem ser definidas escalas mais amigáveis para uso do professor.

6. Fator de percepção médio

A partir do conjunto de lançamentos históricos de um mesmo conceito de um determinado indivíduo, pode-se obter um valor médio para o seu fator de percepção. O valor médio é obtido pela média dos valores históricos ponderados pelo que aqui foi chamado de Peso Histórico Global:

$$p_{hgl} = (f_{cct_{corr}} \times f_{atu} \times p_{iav_1} \times p_{iav_2} \times p_{iav_3} \times vp) / (nv + 1) \quad (7)$$

Onde (apenas os fatores ainda não apresentados):

$f_{cct_{corr}}$ é o fator de concentração corrigido segundo a lógica de que, em notas elevadas ou em notas mais baixas, a confiabilidade dos fatores de percepção aumenta, independentemente da quantidade de conceitos envolvidos no instrumento avaliatório.

vp (valor percentual, normalizado entre 0 e 1) é a fração do impacto dos relacionamentos entre os conceitos. Se a dependência de um subsunção é alta ou média, ou se o índice de similaridade é alto, médio, etc. O valor padrão é 1.

nv é o nível em que se encontra, na árvore de relacionamento, o conceito reforçado pela propagação (o conceito objeto da avaliação está na raiz da árvore).

Ao longo do desenvolvimento do modelo foram constatadas algumas situações e definidas regras para o cálculo do fator de percepção médio acumulado, registro a registro, segundo a ordem cronológica:

- O fator pode ser afetado positivamente em qualquer situação.
- O fator pode ser afetado negativamente, exceto na condição de subsunçor ou se já considerado "solidificado"⁶.
- Um registro na condição de similar só é considerado no cálculo se o conceito tem pelo menos um registro anterior na condição de principal, componente ou subsunçor.

Por questões de desempenho, o fator de percepção médio é armazenado, na base de dados, em uma tabela à parte, juntamente com o valor médio dos demais fatores, para que o professor consiga consultar a situação dos seus alunos com rapidez. A carga computacional maior fica por conta dos novos registros, onde são recalculados os valores médios a cada nova inserção.

7. Utilização do modelo

Para uso do professor, além das notas totais das provas, o modelo possibilita a análise de cada conceito, tanto pelo histórico bruto, quanto pela média histórica acumulada registro a registro, como também pela média final. A análise do valor médio final (f_{pcm}) de um determinado conceito requer a verificação dos fatores ponderadores, também médios, para correta interpretação. Há a possibilidade da verificação individual como também o estabelecimento de um *score*. No modelo, foi estabelecido o seguinte cálculo para este *score*: $S = 1000 \times f_{pcm} \times f_{ram} \times p_{hgl}$ (8)

Onde f_{ram} é o fator de representatividade da amostra e se situa no intervalo de 0.5 a 1: $f_{ram} = n/(n + 1)$ (9).

Onde n é a quantidade de registros válidos presentes no histórico de aferições.

7.1 Carga de trabalho adicional

Em modelos de dados, a quantidade possível de informações para um determinado fato tem, via de regra, relação direta com a quantidade de atributos desse fato. E, em sistemas de alimentação manual, quanto mais elementos de informação, mais trabalho de digitação, ou cliques de mouse, por parte do usuário. No caso do modelo proposto neste trabalho, o professor também arcaria com uma maior carga de trabalho no sistema da instituição de ensino, pois ele teria que:

- registrar a prova: data, identificação, nota máxima.
- registrar cada questão da prova: valor da questão, tipo da questão (dissertativa, objetiva, verdadeiro/falso, outros ainda não implementados no modelo), marcar os conceito(s) associado(s) à questão e o seu peso na questão e o fator de ênfase teórico-prática.
- corrigir as provas no sistema, atribuindo a nota de cada questão.

No protótipo desenvolvido, considerando um usuário já experimentado, registrar a prova é um trabalho de meio minuto. Registrar cada questão e associar os conceitos

⁶ Conceito com mais de determinada quantidade de registros históricos com fator de percepção acima de determinado valor.

demanda um minuto, no máximo um e meio (a escolha dos conceitos se dá por cliques de mouse). Em questões mais curtas, com menos conceitos, a configuração é mais rápida. Em questões mais elaboradas, envolvendo muitos conceitos, a configuração pode demandar um pouco mais de tempo. Para marcação da correção foi implementada uma tela com as opções de modelo, por exemplo, nas questões do tipo dissertativo: escala de cinco valores (0%, 25%, 50%, 75% e 100% de acerto) a ser marcada com cliques de mouse; escala de 10 valores (0%, 10%, etc.) com marca de acréscimo de 5%; digitação direta do valor obtido na questão; outros modelos podem ser criados. A nota final da prova é calculada automaticamente.

7.2 Benefícios do modelo

No caso acadêmico, como em muitos outros, uma maior quantidade de informações sobre a evolução do aprendizado do aluno é bastante útil. De um conjunto de dados fragmentados, representativos do conhecimento, podem-se compor diversos tipos de relatórios, desde dados brutos, gráficos evolutivos, agrupamentos de conceitos relacionados, tabelas consolidadas, entre outros. Essas informações podem, não só dizerem respeito a um único aluno, mas à média de uma classe e também de um curso.

8. Resultados obtidos com o protótipo e conclusões

O protótipo já vem sendo utilizado com os alunos do autor há dois anos e meio. Neste ínterim, a base de dados foi reiniciada diversas vezes devido a constatações de inconsistências nas regras do negócio. A partir do primeiro semestre de 2019 que se chegou ao modelo final exposto neste trabalho, com resultados coerentes à proposta. O modelo visa também a possibilidade de integração do aluno com o mercado de trabalho, uma vez que as competências procuradas estão relacionadas ao "saber-mobilizar" (Perrenoud 1999), e a equivalência de conceitos mercado-escola.

Referências

- Araújo, Ana Marina Teixeira; Menezes, Crediné Silva de; Cury, Davidson (UFES) (2002) - Um Ambiente Integrado para Apoiar a Avaliação da Aprendizagem Baseado em Mapas Conceituais - XIII SBIE - Unisinos 2002.
- Araújo, Ana Marina Teixeira; Menezes, Crediné Silva de; Cury, Davidson (2003) - Apoio Automatizado à Avaliação da Aprendizagem Utilizando Mapas Conceituais - XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - NCE - IM/UFRJ 2003.
- Ausubel, David P. (2000) - The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View - Dordrecht: Kluwer Academic Publishers - (tradução em português: Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva - por Lígia Teopisto - Plátano Edições Técnicas - Lisboa - 1.ª Edição PT-467-Janeiro de 2003)
- Chrysafiadi, Konstantina; Virvou, Maria (2013) - Student modeling approaches: A literature review for the last decade - Expert System with Applications 40 (2013) 4715-4729.
- Demirel, Melek (2009) - Lifelong learning and schools in the twenty-first century - World Conference on Educational Sciences 2009 - pub. in Procedia Social and Behavioral Sciences 1 (2009) 1709–1716.

- Gasmi, Houssein; Bouras, Abdelaziz (2017) - Ontology-Based Education/Industry Collaboration System - IEEE Open Access Journal - volume 6, 2018 - pg. 1362-1371 - DOI 10.1109/ACCESS.2017.2778879.
- Haydar Ates, Kadir Alsul. "The importance of lifelong learning has been increasing." In: Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 46, 4092 – 4096. Elsevier, 2012.
- Khodeir, Nabila; Wanas, Nayer (2018) - Constraint-based Student Modeling in Probability Story Problems with Scaffolding Techniques - International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET) - <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i01.7397>
- McCoy, D. (2018) - Domain models, student models and assessment methods: three areas in need of standards for adaptive instruction - In the Adaptive Instructional System (AIS) Standards Workshop of the 14th International Conference of the Intelligent Tutoring Systems (ITS) Conference, Montreal, Quebec, Canada - June 2018.
- Laal, Marjan; Laal, Ashkan (2012) (Tehran University of Medical Sciences) - Challenges for lifelong learning - pub. in Procedia - Social and Behavioral Sciences 47 (2012) 1539 – 1544.
- McClelland, D. C. (1973) - Testing for Competency Rather Than for Intelligence - American Psychologist, 28.
- Moreira, Marco A. (2010) - Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa - São Paulo - Ed. Centauro.
- Parry, Scotty B. (1996). The quest for competencies: Competency studies can help you make HR decisions, but the results are only as good as the study - Training (<http://trainingmag.com>) - New York, N. Y. - 33, 48-56.
- Pérez-Marín, Diana; Pascual-Nieto, Ismael (2010) - Showing Automatically Generated Students Conceptual Models to Students and Teachers - International Journal of Artificial Intelligence in Education 20 (2010) 47-72 - DOI 10.3233/JAI-2010-0002.
- Perrenoud, Philippe. Dix nouvelles compétences pour enseigner. Paris: ESF Éditeur, 1999.
- Pimentel, Edson Pinheiro (2006) - Um Modelo para Avaliação e Acompanhamento Contínuo do Nível de Aquisição de Conhecimentos do Aprendiz - 233f. Tese de Doutorado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- Ribeiro, Luis Roberto de Camargo (2008) - Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior - EdUFSCar - ISBN-978-85-7600-297-0 (<https://doi.org/10.7476/9788576002970>).
- Vergnaud, Gerard (1993) - A Teoria dos Campos Conceituais - In: Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro, pg. 1-26.
- WEF (2016)- World Economic Forum - The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution - disponível em http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf - acesso em 22/07/2018.