

UNIVERSIDADES COMO ECOSISTEMAS DE INOVAÇÃO BASEADOS EM FLUXOS DE CONHECIMENTO

Abstract. *This case presents a model to simulate universities as an innovation ecosystem, regarding teaching and learning knowledge, and is part of an effort to increase inclusion and reducing drop out in Higher Learning courses performed by the ACACIA project. The conceptual model used represents innovation ecosystems from a knowledge flow perspective, and the computational model is being implemented in the NetLogo multi agent platform.*

Keywords: *multi agent models, knowledge flow simulation, education, innovation ecosystems.*

Resumo. *Este relato técnico apresenta a pesquisa por um modelo de simulação para universidades como ecossistemas de inovação, no que concerne o conhecimento transmitido em atividades de aprendizagem e ensino, e faz parte de um esforço para aumentar a inclusão e diminuir a desistência em cursos de nível superior realizado pelo projeto ACACIA. O modelo conceitual utilizado trabalha sobre um ecossistema de inovação a partir da perspectiva dos fluxos de conhecimento que acontecem dentro do ecossistema, e o modelo computacional para simulação está sendo implementado na plataforma NetLogo para sistemas multiagentes.*

Palavras-chave: *modelos multiagentes, simulação de fluxos de conhecimento, educação, ecossistemas de inovação.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a pesquisa por um modelo de simulação da adoção de inovações dentro das universidades. Têm-se hoje elevadas taxas de desistência entre os alunos universitários, especialmente em cursos técnicos. Dentre as razões para isto estão a reprovação repetitiva e a baixa acessibilidade do conteúdo e das aulas a alunos com deficiências ou outra forma de necessidades especiais (Aulck, Velagapudi, Blumenstock, & West, 2016; Mustafa, Chowdhury, & Kamal, 2012; Stoffel & Ziza, 2014). Parte das desistências ocorre porque a universidade ainda não se adaptou amplamente para incluir algumas minorias, como estudantes com deficiências físicas, educacionais, estudantes indígenas e estudantes em stress psicológico, apesar da entrada a universidade a estes grupos ter sido ampliada em alguns países.

O ACACIA (*Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen*) é um projeto que visa fornecer soluções para estes e outros problemas de forma a contribuir para a dissipação da exclusão, da discriminação e da marginalização causadas pela disparidade e pela desigualdade no Ensino Superior (ES), reduzindo com isto, o número de desistentes (Sarraipa et al., 2016). Para que seja possível prever a adoção das soluções propostas pelo ACACIA este trabalho considera a universidade como análoga a um ecossistema de inovação, e modela seus componentes a partir da perspectiva dos fluxos de conhecimento.

A segunda seção deste artigo apresenta o projeto ACACIA. Sua terceira seção apresenta o conceito de ecossistema de inovação e como a universidade pode ser vista como tal. A seção seguinte apresenta o modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento utilizado. A quinta seção apresenta de forma sucinta a modelagem de sistemas adaptativos complexos através de sistemas multiagentes, e de forma sucinta a forma como o modelo será implementado na plataforma NetLogo (Wilensky, 1999). Então, a discussão e as referências são apresentadas.

2 O PROJETO ACACIA

ACACIA é um projeto do programa ERASMUS+ que promove a cooperação entre centros acadêmicos para estimular, fortalecer e transferir as melhores práticas que dão suporte, educam, adaptam, comunicam, inovam e acolhem a comunidade universitária (Sarraipa et al., 2016). O projeto gira em torno da integração de experiências, recursos,

equipes, problemas e soluções em instituições de ES (Sarraipa et al., 2016). É formado por 11 universidades da América Latina e três da Europa.

A abordagem do ACACIA inclui (Kadar et al., 2016; Sarraipa et al., 2016) o reconhecimento das instituições de ES como meios políticos e sociais para desenvolver programas de educação inter e multiculturais, assim como multilinguísticos, que atendam às várias necessidades educacionais dos alunos; o fortalecimento da qualificação e das habilidades do corpo docente; o uso das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) como ferramentas para complementar o processo de ensino e aprendizado; e a detecção, prevenção e erradicação de vários problemas educacionais em instituições de ES.

Dentre as ações do projeto para alcançar seus objetivos está a implantação dos CADEPs, que são centros de suporte para o desenvolvimento educacional e profissional. Seu sistema de módulos integrados (*Empodera, Innova, Cultiva, Apoya, Convoca*) trabalha para: (i) identificar e acompanhar estudantes em risco; (ii) treinar e dar suporte aos corpos docente, técnico e administrativo da universidade; (iii) implementar novas estratégias para o ensino universitário e para o uso inovador das TIC em cenários práticos através do estímulo do empreendedorismo entre estudantes e professores (Kadar et al., 2016).

Contudo, estas novas estratégias e ferramentas precisam ser amplamente adotadas para obterem o impacto esperado nos problemas do ES. Ao estimular isto, as universidades estariam se tornando mais eficazes e eficientes no ensino de uma nova geração de profissionais, pesquisadores e professores, e ao mesmo tempo evitando a perda de receita proveniente dos estudantes desistentes. Evitariam também o desperdício do tempo e do dinheiro já investidos nos estudantes que deixam a universidade sem se formar (Aulck et al., 2016).

Portanto, com o objetivo de avaliar a potencial receptividade das universidades a novas tecnologias e metodologias relacionadas à educação, criadas pelo ACACIA ou proveniente de outras fontes, almeja-se adaptar um modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento ao contexto específico das universidades, avaliando o papel dos atores internos e das instituições das universidades na difusão e adoção destas novas tecnologias e metodologias inclusivas.

3 UNIVERSIDADES COMO ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO

Para que seja possível entender os ecossistemas de inovação, torna-se útil compreender os conceitos que compõem o termo.

Um ecossistema pode ser visto como uma comunidade de organismos vivos vivendo em conjunção com componentes abióticos (como água, ar, minerais do solo), em constante interação através de fluxos de energia, de matéria e de informação (Christian, 2009; Odum & Barret, 2004). Já Allen e Hoekstra (apud Christian, 2009) definem um “ecossistema funcional” que enfatiza processos ao invés de estruturas. Desta forma pode-se considerar como um ecossistema toda a biosfera, um lago, ou mesmo o estômago de um cupim.

Senge (2006) define inovação como uma *“ideia que pode ser replicada de maneira confiável em uma escala significativa a custos praticáveis”*. Uma ideia que foi testada em laboratório, mas não foi implementada em seu propósito final é uma invenção, e não deve ser confundida com inovação (Metcalf & Ramlogan, 2005; Senge, 2006). Com estas definições, tem-se uma clara visão do que pode ser considerado um ecossistema de inovação.

Ao analisarmos universidades como ecossistemas de inovação pode-se considerá-las como o ambiente provedor de recursos, regras e cultura onde diversos atores convivem, cooperando e competindo para garantir sua subsistência e prosperidade.

Da mesma forma que em mercados, em universidades é necessário que as entidades que a compõem executem determinados papéis para que haja o fluxo do conhecimento, sua conversão em metodologias aptas a aplicação, e sua absorção, ou seja, sua compreensão e adoção por aqueles que efetivamente ensinam nas universidades. Só então o novo conhecimento se torna inovação.

Para avaliar esta dinâmica, utiliza-se o modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento, e sua implementação na forma de um modelo baseado em multiagentes na plataforma NetLogo (Wilensky, 1999).

4 MODELO DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXOS DE CONHECIMENTO

O modelo conceitual apresentado neste artigo está em fase de elaboração em uma tese de doutorado do PPGSND/UFOPA em cotutela com o PDEEC/FCT/UNL. Além dos elementos aqui apresentados, o modelo é composto por um conjunto de mecanismos que implementam o comportamento dos agentes ao interagir uns com os outros e com o ambiente.

Paralelamente à tese o modelo vem sendo trabalhado para simular universidades como ecossistemas de inovação, dentro do âmbito do projeto ACACIA.

O modelo proposto sustenta-se em 3 elementos principais: entidades, relações e conhecimento. Este último está contido nas entidades e flui através das relações estabelecidas. Estes elementos estão imersos em um contexto fornecido pelos Elementos de Sustentação do Ambiente, que pode favorecer ou inibir os fluxos de conhecimento. O ambiente também seleciona as entidades que irão prosperar e sobreviver, esta seleção afeta as entidades, que buscam maneiras de melhorar sua adaptação e chances de sobrevivência no ambiente.

Ao se aplicar o conceito a universidades, apesar de se utilizar alguns mecanismos diferentes, o cenário geral é o mesmo. O novo conhecimento gerado deve fluir, ser transformado e adotado para se tornar inovação, e para tanto se depende do comportamento dos agentes individuais no desempenho de determinados papéis. Os referidos mecanismos mudam de ecossistema para ecossistema, assim como mudam de universidade para universidade, da mesma forma que mudam as políticas internas para a avaliação da produtividade docente, para sua remuneração, e para a obtenção de estabilidade no cargo.

4.1 ENTIDADES

Os papéis das entidades em relação ao conhecimento dentro do ecossistema são:

- Geradoras: criam novo conhecimento científico, fazem descobertas, criam invenções, adicionam ao corpo de conhecimento. No caso de universidades, estes são aqueles que geram novo conhecimento em atividades de aprendizagem e ensino.
- Difusoras: absorvem, armazenam e processam conhecimento criado por outra entidade e o transmitem a outras organizações sem, contudo, causar grandes avanços no “estado da arte” ou aplicá-lo em soluções disponíveis diretamente ao público. Neste contexto são professores, funcionários, ou qualquer entidade que dissemine metodologias de ensino entre professores da instituição através de cursos, tutorias, oficinas e outros.
- Integradoras: criam relações, validam credenciais, estabelecem ambientes de confiança, disseminam valores culturais; criam visões compartilhadas. São aqueles que formam opiniões, criam a noção de uma missão comum e da importância de se adotar novas metodologias para a melhoria contínua da qualidade de ensino.
- Consumidoras: aplicam conhecimento a produtos, processos, metodologias, e serviços ligados à atividade fim da organização. É através do consumo que o conhecimento é

incorporado a soluções que chegam ao público e passam a ser consideradas inovações (Senge, 2006). Em universidades trata-se daqueles que praticam as atividades de ensino, como os professores, tutores, monitores das mais diversas disciplinas.

As entidades presentes em uma universidade não desempenham apenas um dos papéis acima descritos de maneira pura, mas o impacto que estas causam ao desempenhar seu (s) papel (éis) as tornam conhecidas como tal.

As entidades podem ainda ser individualmente caracterizadas por sua (Huang, Wei, & Chang, 2007) (i) motivação para aprender; (ii) vontade de compartilhar; (iii) nível de conhecimento; (iv) capacidade de aprender; (v) capacidade de transmitir conhecimento.

Cabe especificar que as características acima devem ser avaliadas não de forma ampla, em relação a qualquer domínio de conhecimento, mas no que tange ao conhecimento em educação.

4.2 RELAÇÕES

Estas são as conexões entre as entidades, e podem variar em natureza e força. Para os propósitos do modelo, as relações entre duas entidades A e B serão caracterizadas por (i) distância entre as entidades (Huang et al., 2007), que pode também ser considerada como distância tecnológica ou de domínio; (ii) nível de confiança (de A em B e de B em A), que pode ser vinculada à reputação acadêmica de cada uma das partes; (iii) histórico de interações entre A e B relativas a trocas de conhecimento em atividades de ensino.

4.3 CONHECIMENTO

O conhecimento é contido nas entidades e em seus indivíduos. Parte deste conhecimento deve ser comum, para que as entidades possam se comunicar em um determinado domínio de forma eficaz. O conhecimento deve fluir entre as entidades para que possa se difundir. Para os fins deste trabalho é suficiente classifica-lo em tácito e explícito (Nonaka & Takeuchi, 1995) dadas as dificuldades de difusão do conhecimento tácito, e científico e tecnológico na forma definida por (Bunge, 1997, 1998).

4.4 ELEMENTOS DE SUSTENTAÇÃO DO AMBIENTE

A região onde o ecossistema está instalado possui características tangíveis e intangíveis que o fazem mais ou menos permissivo ao estabelecimento de um ecossistema (Engel, 2015; Hwang & Horowitz, 2012; Munroe & Westwind, 2009). De forma análoga a um ecossistema industrial, um ecossistema universitário também dispõe de elementos tangíveis e intangíveis que podem fomentar ou inibir esforços inovadores. Isto deve ser levado em consideração em uma simulação.

5 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

5.1 MODELAGEM DE SISTEMAS COMPLEXOS BASEADOS EM AGENTES

A complexidade emerge quando as dependências entre os elementos são importantes, ou seja, quando as ações de um elemento impactam positivamente ou negativamente na satisfação de outros. A remoção de um elemento destrói o comportamento do sistema além do que está incorporado no elemento removido (Miller & Page, 2007). Em sistemas complexos o comportamento macro emerge das atividades de seus componentes de baixo nível, apesar deste não estar necessariamente embutido no comportamento dos indivíduos, podendo levar a surpresas (Miller & Page, 2007; Wilensky & Rand, 2015).

Dentro deste contexto, a modelagem baseada em agentes se mostra uma ferramenta muito útil. Nestes modelos, um agente é um elemento individual autônomo em uma simulação computacional (Wilensky & Rand, 2015), que possui propriedades particulares, estados e comportamentos. Estão situados em um ambiente onde são capazes de interagir com outros agentes e com o ambiente e de agir para atender aos seus objetivos (Wooldridge, 2009). Ao fazê-lo, podem atualizar seu estado interno, causar mudanças nos estados do ambiente e de outros agentes, decidir tomar novas ações e até modificar o seu próprio comportamento de acordo com sua satisfação com os resultados obtidos (Wilensky & Rand, 2015; Wooldridge, 2009).

Outra vantagem da modelagem baseada em agentes é a facilidade com que se comunica as representações baseadas em agentes em relação a representações matemáticas do mesmo fenômeno, posto que estes modelos são construídos a partir de objetos individuais e regras simples de comportamento, ao passo que modelos equacionais são construídos com símbolos matemáticos, nem sempre dominados pela maioria (Wilensky & Rand, 2015).

Neste trabalho, uma abordagem baseado em fenômeno, “*top-down*”, da forma descrita em (Wilensky & Rand, 2015) foi utilizada, apesar de várias evoluções do modelo conceitual terem sido realizadas durante o modelamento. Como ambiente de modelagem, optou-se pelo NetLogo (Wilensky & Rand, 2015), uma plataforma de programação livre e amplamente utilizada dedicada à criação de modelos multiagentes.

5.2 ENTRADAS E SAÍDAS DO MODELO

As entradas poderão tanto ser fornecidas à interface do modelo, que então gerará aleatoriamente um ambiente povoado por agentes que refletem os valores médios e a dispersão dos mesmos fornecidos, como podem ser fornecidas ao modelo a partir de um arquivo contendo dados reais de indivíduos e do ambiente a ser simulado.

As saídas consistirão na representação gráfica das entidades, que refletirá a reputação dos agentes através de seu tamanho, a aptidão relativa dos agentes através de sua cor, o seu papel em relação ao conhecimento através de seu formato, e quem está conectado a quem através de links; e em gráficos que exibem a evolução média dos parâmetros que determinam o comportamento dos agentes. Estas representações visuais serão atualizadas a cada iteração, dando ao observador uma noção da evolução da condição dos agentes.

Dentre os gráficos a serem implementados para que se possa observar a evolução do modelo, estão:

- Curvas da aptidão média; da motivação para aprender média; disposição de compartilhar média; e de suas respectivas dispersões x período.
- Histograma dos recursos/reputação dos agente.
- Curva do número de interações; do número de bits trocados x período.

Com isto pode-se avaliar a evolução do *mindset* dos agentes, sua adaptação ao ambiente, a absorção de novo conhecimento e o impacto disto no seu comportamento interativo. Estas saídas podem, então, serem gravadas em um arquivo para posterior análise e comparação com simulações com parâmetros diferentes. Vale ressaltar que, dada a natureza estocástica do modelo, os resultados serão dados pela média de várias execuções do modelo utilizando os mesmos parâmetros.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível utilizar um modelo de ecossistemas de inovação criado para observar clusters e regiões inovadoras para representar ambientes universitários no que concerne o conhecimento em atividades de ensino e educação, dadas as semelhanças entre os papéis e mecanismos de aprendizado e evolução envolvidos. No entanto, os mecanismos que representam a utilidade das ações dos agentes devem ser adaptados à realidade do ambiente. Os motivos que movem as entidades dentro de uma universidade não são os mesmos que movem entidades em um mercado, e podem mudar até mesmo entre duas universidades diferentes, como entre públicas e privadas. Com estas adaptações espera-se poder validar o modelo de ecossistema de inovações baseados em fluxos de conhecimento em ambientes contidos geograficamente e relativamente fáceis de monitorar como as universidades, e, após a verificação, a validação e a calibração inicial do modelo, aplicá-lo a ecossistemas regionais.

Este trabalho gera, ainda, uma ferramenta para se avaliar se as novas metodologias e ferramentas criadas pelo ACACIA e introduzidas pelos CADEPs para aumentar a inclusão de minorias, reduzir a evasão escolar, e melhorar a experiência e o aprendizado dos alunos na universidade serão efetivamente adotadas. Com isto poder-se-á avaliar o impacto futuro das ações do ACACIA e seus diferentes módulos, posto que, conhecendo-se a eficácia das ferramentas propostas e o seu grau de adoção em uma universidade será possível inferir do ACACIA sobre a evasão escolar e a inclusão de minorias nos diferentes cursos e disciplinas ofertadas por uma universidade.

REFERENCES

- Aulck, L., Velagapudi, N., Blumenstock, J., & West, J. (2016). Predicting Student Dropout in Higher Education. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1606.06364>
- Bunge, M. (1997). *Ciencia, Técnica y Desarrollo*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Bunge, M. (1998). *Social Science under Debate: A Philosophical Perspective*. Toronto: University of Toronto Press. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/10.3138/9781442680036>
- Christian, R. R. (2009). Concepts of Ecosystem, Level and Scale. In A. Bodini & S. Klotz (Eds.), *Ecology* (Vol. I). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Retrieved from <http://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e6-70-05-01.pdf>
- Engel, J. S. (2015). Global Clusters of Innovation: lessons from Silicon Valley. *California Management Review*, 57(2), 36–66.
- Huang, N.-T., Wei, C.-C., & Chang, W.-K. (2007). Knowledge management: modeling the knowledge diffusion in community of practice. *Kybernetes*, 36(5/6), 607–621. <https://doi.org/10.1108/03684920710749703>

- Hwang, V. W., & Horowitz, G. (2012). *The Rainforest - the secret to building the next Silicon Valley*. Los Altos Hills: Regenwald.
- Kadar, M., Restrepo, E. G. y, Ferreira, F., Calado, J., Artifice, A., Sarraipa, J., & Jardim-Gonçalves, R. (2016). Affective Computing to Enhance Emotional Sustainability of Students in Dropout Prevention. In *DSAI - Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*. Vila Real, Portugal: ACM. Retrieved from <http://www.dsai.ws/2016/accepted-papers/>
- Metcalf, S., & Ramlogan, R. (2005). *Innovation systems and the competitive process in developing economies* (Centre on Regulation and Competition (CRC) Working Papers No. 121). *Centre on Regulation and Competition Working Paper Series*. Manchester. Retrieved from <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/30672/1/cr050121.pdf>
- Miller, J. H., & Page, S. E. (2007). *Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life*. Princeton: Princeton University Press. Retrieved from <http://press.princeton.edu/titles/8429.html>
- Munroe, T., & Westwind, M. (2009). *What Makes Silicon Valley Tick?: The Ecology of Innovation at Work*. Nova Vista Publishing.
- Mustafa, M. N., Chowdhury, L., & Kamal, M. S. (2012). Students dropout prediction for intelligent system from tertiary level in developing country. *2012 International Conference on Informatics, Electronics and Vision, ICIEV 2012*, 113–118. <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2012.6317441>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company: how japanese companies create the dynamics of innovation*. New York, USA: Oxford University Press.
- Odum, E. P., & Barret, G. W. (2004). The Scope of Ecology. In *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Cengage Learning. <https://doi.org/10.2307/1930249>
- Sarraipa, J., Ferreira, F., Marcelino-Jesus, E., Artifice, A., Lima, C., & Kaddar, M. (2016). Technological Innovations tackling Students dropout. In *DSAI - Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion*. Vila Real, Portugal: ACM. Retrieved from <http://www.dsai.ws/2016/accepted-papers/>
- Senge, P. M. (2006). *The Fifth Discipline: the art & practice of the learning organisation* (2nd ed.). Random House Business Books.
- Stoffel, W. P., & Ziza, C. R. (2014). Evasão escolar em cursos superiores: estudo comparativo entre os pedidos de trancamento e o aproveitamento escolar. In *IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Educação*. Resende, Rio de Janeiro.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Retrieved from <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An Introduction to Agent-Based Modeling: modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo*. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: The MIT Press. Retrieved from <https://mitpress.mit.edu/books/introduction-agent-based-modeling>
- Wooldridge, M. J. (2009). *An Introduction to MultiAgent Systems* (2nd ed.). Wiley.