

## UM MODELO DE ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO BASEADOS EM FLUXOS DE CONHECIMENTO

**Abstract.** *This paper presents a conceptual model for innovation ecosystems. The model represents an innovation ecosystem from its knowledge flows perspective, and the computational model for its simulation and validation is being implemented in the NetLogo platform for multiagent systems.*

**Keywords:** *multiagent modeling, knowledge flow simulation, innovation ecosystems.*

**Resumo.** *Este artigo apresenta a pesquisa por um modelo conceitual de ecossistemas de inovação. O modelo representa um ecossistema de inovação a partir da perspectiva dos fluxos de conhecimento que acontecem dentro do ecossistema, e o modelo computacional para sua simulação e validação está sendo implementado na plataforma NetLogo para sistemas multiagentes.*

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

## **1 INTRODUÇÃO**

O termo ecossistema vem sendo cada vez mais utilizado em textos e livros oriundos de diferentes disciplinas, especialmente se combinada a uma segunda palavra qualificadora (Hwang, 2014). É perceptível a variação do conceito em textos de diferentes autores, mas ao mesmo tempo é consenso que um ecossistema é composto por diferentes elementos que podem ter mais ou menos importância dependendo do ecossistema, mas que devem estar presentes para o bom funcionamento do mesmo. Estes componentes possuem inter-relações, algum grau de dependência um do outro, e desempenham diferentes papéis no processo de inovação, para o qual o fluxo de conhecimento é muito importante para criação, difusão e implementação destas inovações. Neste trabalho pretende-se representar um ecossistema da perspectiva do papel destes elementos quanto ao conhecimento e seu fluxo, independente do papel econômico dos elementos. Os objetivos devem ser alcançados a partir de revisão bibliográfica sobre os conceitos pertinentes, visando identificar o estado da arte do conceito, e do relato sobre o progresso da tese de doutorado que origina este artigo.

Além desta introdução, o trabalho apresenta mais quatro seções. A segunda seção apresenta brevemente o termo ecossistemas de inovação. A terceira seção apresenta o modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento proposto neste trabalho. A quarta seção apresenta os mecanismos, inspirados em ecossistemas biológicos e nos mecanismos de mercado, que permitem a implementação do simulador em NetLogo(Wilensky, 1999) para o modelo. A quinta seção do artigo é conclusiva.

## **2 ECOSSISTEMAS DE INOVAÇÃO**

Para que seja possível entender os ecossistemas de inovação, torna-se útil antes compreender os conceitos que compõem o termo. A palavra ecossistema foi criada no campo da biologia, e é formada pela junção das palavras gregas *oikos*, que significa casa, e *systema*, e quer dizer o sistema onde se vive. Define 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).

Podem ser conjuntos de vários tamanhos e tipos (Tansley, 1935, apud Christian, 2009), identificáveis como pertinentes a uma determinada área geográfica (Odum, 1971 apud

Christian, 2009). No entanto, de acordo com Christian (2009), nem todos os autores concordam com a definição de lugares específicos, alegando que o tamanho e o local não são críticos, e sim os ciclos e os caminhos da energia, da matéria e da informação dentro do ecossistema. Allen e Hoekstra (apud Christian, 2009) afirmam que os ecossistemas com fronteiras e elementos delimitados nem mesmo existem no mundo real, pois tudo está conectado, sendo esta noção apenas um conceito útil que confere algum poder preditivo. O entendimento do que é um ecossistema depende, portanto, do ponto de vista do qual são estudados, definindo 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.

Pela robustez explicativa e diversidade de mecanismos relacionados a ecossistemas biológicos, percebe-se a grande utilidade do seu corpo de conhecimentos para explicar fenômenos observados nos campos da economia e da administração (Durst & Poutanen, 2013; Hwang & Horowitz, 2012).

Inovação, por sua vez, é definida pelo Manual de Oslo (OCDE, 2005) como “*a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas*”. Já Senge (2006) a define como uma “*ideia que pode ser replicada de maneira confiável em uma escala significativa a custos praticáveis*”. Uma ideia testada em laboratório, mas não implementada em seu propósito final é uma invenção, e não uma inovação (Metcalf & Ramlogan, 2005; Senge, 2006). Ademais, o Manual de Oslo (OCDE, 2005) considera como inovadoras também as organizações que adotam tecnologias e processos que são novas apenas para a organização, e não para o mundo. Isto permite analisar fenômenos de difusão e permite a adoção de inovações externas à organização.

Estes conceitos nos levam a inferir que os ecossistemas de inovação explicam as atividades entre atores que competem e/ou cooperam em um ambiente em comum, realizando trocas cíclicas de recursos e conhecimento e adotando novas tecnologias para melhorar sua capacidade de sobrevivência. Estes ecossistemas incluem agentes econômicos e relações econômicas, mas também componentes não econômicos como a tecnologia, as instituições, as interações sociais e a cultura (Mercan & Götkas, 2011). Observar o processo de inovação de uma perspectiva ecológica enfatiza forças motoras como nichos de recursos e adaptação, assim como processos evolucionários dinâmicos, como a variação, e a seleção (Durst & Poutanen, 2013).

Flexível, o termo tem sido utilizado de forma intercambiável com conceitos como clusters, redes globais ou organizações (Hwang, 2014; Oksanen & Hautamäki, 2014), plataformas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) bem sucedidas, ou novas indústrias (Adner & Kapoor, 2016; Oksanen & Hautamäki, 2014).

Neste trabalho busca-se um modelo conceitual que represente estes ecossistemas do ponto de vista do fluxo de conhecimento.

### 3 MODELO DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXOS DE CONHECIMENTO

O modelo de que fala este artigo está em fase de elaboração em uma tese de doutorado do PPGSND/ UFOPA em cotutela com o PDEEC/FCT/UNL. Sustenta-se em 3 elementos principais, nomeadamente entidades, relações e conhecimento. Este último está contido nas entidades e flui através das relações estabelecidas (Figura 1). 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, e estes mecanismos de seleção afetam as entidades, que buscam maneiras de melhorar sua adaptação e chances de sobrevivência.

Figura 1- Componentes do modelo conceitual de ecossistema de inovação



Fonte: Os autores.

A existência destes elementos em um dado lugar, no entanto, não necessariamente formam um ecossistema de inovação. Condições específicas devem ser atendidas, como a existência de relações significativas entre as entidades; a geração de novo conhecimento ou a absorção de conhecimento externo; a difusão e a utilização deste conhecimento em novos processos, produtos e serviços que atendem às demandas do mercado. Estas condições são potencializadas pela existência de uma visão compartilhada; de um ambiente propício de

negócios (legislação, mecanismos de mercado, existência de mão de obra especializada em abundância, costumes locais); a predominância de uma cultura de cooperação e a vontade de experimentar o novo; dentre outros (Hwang & Horowitz, 2012; Munroe & Westwind, 2009).

### 3.1 ENTIDADES

Diferente de teorias que caracterizam as organizações de acordo com o seu papel econômico, ou por sua atuação como empresa, governo ou academia (Leydesdorff, 2012; Schwartz & Bar-El, 2015), neste trabalho optou-se por classificar as organizações de acordo com o papel desempenhado em relação ao conhecimento dentro de um dado ecossistema. Confere-se, com isto, grande flexibilidade ao arcabouço conceitual, permitindo que o mesmo seja adaptado a ecossistemas em diferentes estágios de evolução econômica, com diferentes estruturas de poder, utilizando tecnologias em diferentes estágios do ciclo de vida, e com diferentes trajetórias de evolução do ecossistema e da cultura local, além de admitir diversidade de papéis entre entidades de mesma natureza (academia, empresa, governo).

Apesar de distintas, qualquer uma destas organizações pode assumir qualquer um dos papéis em qualquer combinação, mesmo papéis que comumente pertencem a organizações de outras esferas, tal como afirmam Etzkowitz e Leydesdorff (2000) ao falar de Trílice Hélice. As entidades, de acordo com seus papéis, classificam-se em:

- Geradoras: criam novo conhecimento científico e/ou tecnológico. O produto da geração de conhecimento é considerado como descoberta ou invenção.
- Difusoras: absorvem, armazenam e processam conhecimento criado por outra entidade e o transmitem a outras organizações sem, contudo, tomar parte relevante na criação nem consumi-lo, ou seja, causar grandes avanços no “estado da arte” ou aplicá-lo em soluções disponíveis diretamente ao público. Realizam transformações que facilitam a transmissão, a absorção e utilização por outras organizações com menor capacidade de absorção.
- Integradoras: conectam outras organizações. Criam relações, validam credenciais, servem de repositório de capital relacional (McPherson et al. 2001 apud Schwartz & Bar-El, 2015); estabelecem ambientes de confiança, disseminam valores culturais; tem uma noção clara das habilidades e características das organizações a sua volta, criam visões compartilhadas.

- 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 na forma descrita por (OECD, 2005; Senge, 2006).

Na prática as organizações 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 no ecossistema como inventoras, educadoras, produtoras, formadoras de redes e outros. Nem todas as organizações são amplamente reconhecidas por fazer todas estas atividades de forma significativa.

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

### 3.2 RELAÇÕES

As relações são ligações entre as organizações que podem variar desde a mera noção da existência uma da outra a fortes laços organizacionais. Classificar as relações entre as entidades é um grande desafio, pois estas estão em constante mudança e tomam muitas formas. Podem ser formais ou informais, intencionais (fruto de parcerias, cooperativas, joint ventures, e outros) ou não intencionais (transbordamentos), públicas ou ocultas, dentre outros.

Para os fins deste trabalho, as relações são visualizadas como um conjunto de variáveis que caracterizam o vínculo entre uma organização A e uma organização B. São estas:

- Distância entre as entidades (geográfica e de conhecimento) (Huang et al., 2007);
- Nível de confiança (da entidade A na entidade B e de B em A);
- Histórico de interações entre A e B.

### 3.3 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 e pode ser classificado de muitas formas. Para os fins deste trabalho é suficiente dividi-lo em tácito e explícito (Nonaka & Takeuchi, 1995) dadas as dificuldades de

difusão do conhecimento tácito impostas pela distância geográfica, e científico e tecnológico na forma definida por (Bunge, 1997, 1998).

O conhecimento científico, seja ele básico ou aplicado, requer pesquisadores com formação científica, e não é imediatamente comercializável. As entidades que o buscam dão mais importância a compreender a realidade, à verdade, e a adicionar ao que já se sabe do que às demandas do mercado e à viabilidade econômica (e mesmo prática) do conhecimento. Uma vez que se descobre algo novo que refute o que se sabe, a descoberta passa a ser o estado da arte, e a versão anterior abandonada.

Já a tecnologia utiliza a ciência como meio para produzir artefatos úteis. Propõe-se a controlar a realidade a partir do conhecimento. Seus problemas são de natureza prática, e não cognitivos. Itens tecnológicos podem ser possuídos de maneira privada e comercializados. Ao passo que os maus resultados da ciência são eventualmente eliminados, sempre há mercado para os maus resultados da tecnologia, que podem até superar alternativas mais eficientes no mercado (Bunge, 1998). Compreende o conhecimento necessário para projetar, planejar, manufaturar e organizar as atividades necessárias para criar produtos e serviços, incluindo aquelas de natureza gerencial (Bunge, 1998), como os modelos de negócios.

Dadas as diferenças entre as atividades científicas e tecnológicas, a comunicação entre organizações baseadas em ciência e as baseadas em tecnologia não é simples. Há autores que afirmam que a distância tecnológica é tão danosa para a comunicação quanto a distância geográfica (Huang et al., 2007; Schwartz & Bar-El, 2015). Para que o conhecimento científico chegue a entidades tecnológicas, alguma transformação de conhecimento é necessária. No entanto, é necessário dominar ambos os tipos de conhecimento para realizar estas transformações.

### 3.4 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 seu estabelecimento (Engel, 2015; Hwang & Horowitz, 2012; Munroe & Westwind, 2009). Dentre estes estão a infraestrutura de transporte e comunicações, a visão compartilhada, uma massa crítica de trabalhadores qualificados, a cultura predominante, o sistema judiciário e seu sistema de execução, a disponibilidade de capital, as práticas de negócios, e outros.

Torna-se, portanto, difícil levar em conta cada aspecto que torna um lugar melhor ou pior para abrigar um ecossistema de inovação, mas é inegável que alguns ambientes são mais propícios do que outros, e isto deve ser levado em consideração em uma simulação.

## **4 MECANISMOS DO MODELO**

Para que seja possível a tradução deste modelo conceitual em um modelo computacional, mecanismos que relacionam as fontes de recursos, as interações, e as trocas de conhecimento devem ser selecionados para permitir sua codificação. Estes mecanismos podem ser diferentes em ecossistemas diferentes, e até mesmo dentro de um mesmo ecossistema, e afetam a forma como as entidades se comportam. Aqui apresenta-se os que se considera básicos para a implementação proposta do modelo, inspirados em mecanismos de ecossistemas biológicos e no que se sabe sobre os mecanismos de mercado através da pesquisa bibliográfica realizada para a tese.

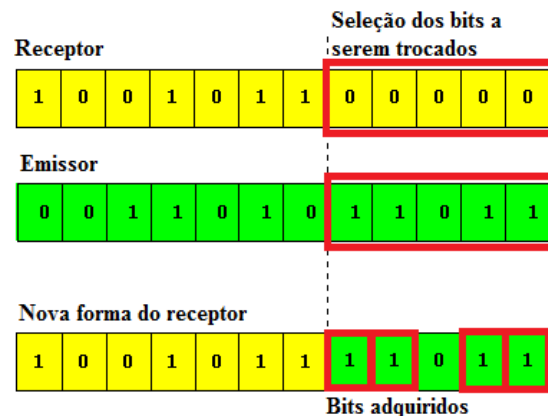
### **4.1 FLUXOS DE CONHECIMENTO ATRAVÉS DE MECANISMOS DE CRUZAMENTO E MUTAÇÃO**

Utilizando mecanismos biológicos para a representação das soluções que tornam uma entidade apta a existir no ambiente, o conhecimento pode ser expresso como uma “cadeia de DNA”, onde cada alelo representa um determinado conhecimento, de maneira similar à utilizada por (Engler & Kusiak, 2011) para representar os produtos de seus agentes. A cadeia é dividida em duas zonas, uma representando o conhecimento tecnológico e outra representando o conhecimento científico. Estas, por sua vez, são divididas também em duas zonas, uma de domínio e outra de diferenciação (Engler & Kusiak, 2011). Em um modelo computacional, isto pode ser visto como uma cadeia de bits.

Através de mecanismos de cruzamento, que selecionam porções aleatórias de bits do receptor e os substituem pelos bits correspondentes do emissor (Figura 2), pode-se simular o fluxo de conhecimento utilizando algoritmos genéticos como os usados em (Deb, 1999; Engler & Kusiak, 2011; Mitchell, 1996).

Figura 2 – Exemplo de cruzamento entre entidades





Fonte: Os autores

Se as cadeias de bits tiverem diferenças consideráveis, haverá uma chance maior de que os bits escolhidos sejam diferentes entre o emissor e o receptor e ocorra, portanto, transferência de conhecimento, em alinhamento com as ideias de Huang (Huang et al., 2007). A habilidade de transferir conhecimento e a vontade de compartilhar do emissor, juntamente com a habilidade de aprender e a motivação em aprender do receptor afetam o parâmetro aleatório que dita quantos bits serão selecionados para a troca. A motivação para aprender do receptor e a vontade de compartilhar do emissor, juntamente com a distância e o grau de confiança entre as partes afetarão a probabilidade das entidades iniciarem o cruzamento.

O mercado, apesar de não ser uma entidade, também é caracterizado por uma cadeia de bits de conhecimento que representa o mix de conhecimento a ser embutido nos produtos e serviços demandados, de maneira semelhante à (Engler & Kusiak, 2011). A cadeia do mercado, no entanto, possui apenas o componente tecnológico do conhecimento, que é o tipo de conhecimento visível através de produtos e serviços. A representação do mercado pode possuir várias cadeias, representando os diferentes nichos.

Desta forma, a difusão por cruzamento pode ocorrer entre entidades assim como entre estas e o mercado, refletindo o mecanismo de “*learn by doing*”, *spillovers*, contratação de profissionais disponíveis no mercado, e a inspiração de pesquisas por necessidades não atendidas da sociedade. Da mesma forma, o mercado também “aprende” com as entidades, e muda sua cadeia de bits através de cruzamento com estas, refletindo o impacto que a introdução de novos produtos e serviços possui sobre a demanda do mercado. A frequência e a intensidade com a qual o mercado “adota” as inovações depende da indústria sob análise. O cruzamento só é possível entre entidades que possuem o mesmo tipo de conhecimento.

Conhecimento novo, por sua vez, é criado por mecanismos de mutação ou pela interação com o mercado em bits que ainda não existem como ciência ou tecnologia. Para tanto, um número de alelos superior ao número de conhecimentos catalogados em um

domínio deve ser criado, para que seja possível atribuir um alelo a um novo conhecimento quando este surgir. Antes da criação todas as entidades devem ter “0” associado a este bit, posto que este conhecimento ainda não existe no ecossistema. Pode-se, também, “gerar” conhecimento novo pela absorção de conhecimento por cruzamento com elementos externos ao ecossistema, mecanismo este fora do escopo desta simulação, e que portanto será considerado como uma mutação.

*Spin-offs* e *startups* também podem ser criadas pelo mecanismo de cruzamento e mutação, que desta vez gera novas entidades ao invés de modificar as já existentes, refletindo o fato de que novas empresas buscam iniciar seus negócios utilizando as melhores ideias dos negócios já existentes junto com alguns diferenciais.

## 4.2 RECURSOS E SOBREVIVÊNCIA

Na natureza a reprodução, que envolve mutações e cruzamentos, assim a mera existência, exigem recursos e tempo. Os recursos são provenientes do mercado, e são divididos entre as entidades a cada iteração de acordo com a sua aptidão (*fitness*), avaliada pela comparação entre a cadeia de bits da entidade e as cadeias dos vários nichos do mercado, criando a noção de fatias de mercado e nicho de operação.

O mercado, no entanto, possui uma quantidade limitada de recursos, divididos entre seus diferentes nichos. A divisão dos recursos entre os nichos não é igualitária, posto que usualmente há um nicho mais rico em recursos do que outros. Esta divisão reflete o “mercado *mainstream*”, que atende a uma grande quantidade de compradores; e os nichos menores, que atendem a compradores com necessidades específicas e restritas a relativamente poucos indivíduos. Eventualmente a cadeia que representa um dos nichos pode se tornar a representação do *mainstream*, ao passo que a cadeia anterior passa a ser considerada como nicho.

A quantidade de recursos necessária para permanecer ativo a cada iteração é proporcional ao “tamanho” da entidade, que pode ser avaliado pela quantidade de recursos que esta possui acumulados. Isto representa os recursos necessários para a manutenção de prédios, equipamentos e salários que toda entidade deve despendar. Há, claro, um valor mínimo, para evitar que as entidades permaneçam “vivas” indefinidamente. Com isto, entidades relativamente aptas prosperam e crescem no mercado, ao passo que entidades pouco aptas em relação aos seus concorrentes (e não necessariamente em relação ao mercado) diminuiriam até “morrer”, a menos que haja a interferência de alguma força externa (como o

governo), que provê recursos fixos ou proporcionais à atividade (e não à aptidão) à entidade que não consegue (ou mesmo pretende) obter seus recursos diretamente do mercado.

Os recursos despendidos para realizar mutação ou cruzamento representam os investimentos em pesquisa, licenciamento, treinamento, aquisição de software e equipamentos, reorganização da produção, outros necessários à transferência e absorção de conhecimento. É mais difícil mudar de domínio do conhecimento do que fazer pequenos incrementos naquilo que já se faz (bits de diferenciação), e portanto transformações de bits de domínio são mais caras. No caso do cruzamento, os recursos podem ser simplesmente gastos (nos casos em que se copia algo de uma entidade) ou transferidos à entidade emissora (nos casos em que há licenciamento ou pagamento por cursos e treinamentos).

O valor total dos recursos do mercado está relacionado ao tamanho do mercado, e o valor necessário para permanecer vivo está relacionado à produtividade das entidades. Entidades mais produtivas despendem poucos recursos frente os recursos obtidos do mercado. Está também relacionado a características do ambiente, como juros sobre o capital, impostos, salários e outros.

Os valores despendidos para mutação e cruzamento também são indícios das condições ambientais, como a qualidade da mão de obra e a disponibilidade de infraestrutura de pesquisa, e das capacidades de absorção das entidades.

#### 4.3 ADAPTAÇÃO DO COMPORTAMENTO

A motivação em aprender, a vontade de compartilhar e a confiança em outras entidades são exemplos de parâmetros variam de acordo com o sucesso de operações passadas. Mutações e cruzamentos bem sucedidos são aqueles que efetivamente modificam bits de conhecimento, ou seja, aqueles onde há aprendizado efetivo, mas que também melhoram a aptidão ao mercado (no caso daqueles que sobrevivem de recursos provenientes do mercado). Uma operação bem sucedida encoraja a entidade a repeti-la, e portanto impacta positivamente os parâmetros motivação em aprender (no caso do emissor) e vontade de compartilhar (no caso de um receptor que tenha sido remunerado ou tenha obtido ganhos de reputação). O oposto ocorre em operações mal sucedidas. Entidades não orientadas ao mercado (que não extraem seus recursos dos mercados) devem ter mecanismos diferentes para julgar suas interações.

Após sucessivas interações este mecanismo altera o comportamento de uma entidade em particular, dependendo de sua história de sucessos ou insucessos, funcionando como uma

memória de ações passadas. Cada entidade também mantém uma lista das entidades com quem interagiu, atribuindo valores positivos ou negativos a estas entidades dependendo dos resultados de interações passadas. Estes valores afetarão a confiança que esta entidade possui em sua interlocutora, e portanto a probabilidade de estas voltarem a interagir no futuro.

#### 4.4 ESCOLHA DE PARCEIROS BASEADA EM CONFIANÇA

Entidades com vastos recursos ou com elevada aptidão relativa usualmente gozam de boa reputação no mercado, atraindo parceiros interessados em aprender com elas (ou copiar-las). Entidades com poucos recursos e baixa aptidão relativa, pela mesma lógica, não atraem parceiros, posto que estas estão fadadas a deixar o mercado. Este mecanismo é semelhante aos mecanismos de seleção natural que são considerados como forças motoras do mercado (Nelson & Winter, 1982), e também a forma de implementar uma medida da confiança que as entidades tem entre si.

Uma entidade, ao escolher um parceiro, realiza uma loteria para “sortear” um candidato para a sua próxima interação. Entidades com uma elevada reputação teriam proporcionalmente mais fichas e, portanto, uma maior probabilidade de serem escolhidas como parceiras por uma entidade. Modelos que incluam a noção de distância geográfica (ou relacional) podem ajustar esta probabilidade com penalidades proporcionais à distância, reduzindo as chances das entidades distantes. Com isto uma entidade só teria boas chances de interagir com uma entidade distante se esta tiver elevada reputação (reputação de nível regional, nacional ou global, de acordo com a distância e a penalidade aplicada). Como anteriormente mencionado, a confiança entre as entidades também é afetada pelo histórico de interações entre elas. O valor positivo ou negativo registrado adicionará ou removerá fichas de uma dada entidade, afetando suas chances de ser escolhida como parceira. A entidade então convida a parceira a interagir se esta tiver nível de reputação igual ou superior ao seu limiar de confiança e de acordo com sua motivação em aprender.

Uma vez que o chamado ocorra, a entidade solicitada também terá que decidir se interage ou não com a entidade solicitante de acordo com a reputação da entidade solicitante, sua distância, seu valor no histórico de relações passadas, e com a vontade em compartilhar do parceiro solicitado.

Aqui entram também os fatores de sustentação do ambiente. Em um ambiente neutro pode-se deixar as avaliações dependerem apenas das características dos agentes. Já em face de

crises, ou ambientes com instabilidade financeira e/ou jurídica, um parâmetro do mercado afeta os limiares de confiança dos agentes.

## **5 CONCLUSÃO**

A partir do modelo e dos mecanismos aqui descritos, um modelo baseado em sistemas multi agentes está sendo implementado na plataforma NetLogo (Wilensky, 1999). A interface do modelo permitirá a escolha dos parâmetros descritos neste artigo para a descrição do ambiente e dos agentes, e a criação de agentes heterogêneos de acordo com uma média e um desvio padrão para os parâmetros. Alternativamente, dados provenientes de ecossistemas reais, como número de agentes, seus parâmetros, tamanho do mercado, custos de se permanecer vivo, de se realizar pesquisa e investimentos, podem ser importados como entradas. Flexível, diferentes mecanismos para a obtenção de recursos podem ser implementados com alterações marginais ao código. Sua saída incluirá, além de uma interface gráfica que demonstrará dinamicamente a variação nos recursos e aptidão das entidades, gráficos que indicam o número de interações realizadas a cada período e a evolução da aptidão média e dos parâmetros médios de motivação em aprender e disposição em compartilhar.

Os próximos passos incluem a verificação, a validação e a calibração do modelo, para que seja possível replicar os padrões observados em ecossistemas reais a partir de seus dados. Com isto, obter-se-á uma ferramenta que permitirá a avaliação dinâmica de ecossistemas de inovação, assim como a criação de hipóteses teóricas a partir de simulações com parâmetros fictícios.

## **AGRADECIMENTOS**

José R. B. Ramos Filho agradece à CAPES/PDSE pelo apoio à este trabalho.

## **REFERÊNCIAS**

- Adner, R., & Kapoor, R. (2016). Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. *Strategic Management Journal*, 37(4), 625–648. <https://doi.org/10.1002/smj.2363>
- 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>
- Deb, K. (1999). An introduction to genetic algorithms. *Sadhana*, 24(4–5), 293–315. <https://doi.org/10.1007/BF02823145>
- Durst, S., & Poutanen, P. (2013). Success factors of innovation ecosystems - Initial insights from a literature review. In R. Smeds & O. Irrman (Eds.), *CO-CREATE 2013: The Boundary-Crossing Conference on Co- Design in Innovation* (pp. 27–38). Aalto University Publication. Retrieved from [http://blogs.helsinki.fi/pkpoutan/files/2014/03/Durst\\_Poutanen\\_CO\\_CREATE2013.pdf](http://blogs.helsinki.fi/pkpoutan/files/2014/03/Durst_Poutanen_CO_CREATE2013.pdf)
- Engel, J. S. (2015). Global Clusters of Innovation: lessons from Silicon Valley. *California Management Review*, 57(2), 36–66.
- Engler, J., & Kusiak, A. (2011). Modeling an Innovation Ecosystem with Adaptive Agents. *International Journal of Innovation Science*, 3(2), 55–68. <https://doi.org/10.1260/1757-2223.3.2.55>
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- 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. (2014). The next big business buzzword? ecosystem? *Forbes Magazine*. Retrieved from <http://www.forbes.com/sites/victorhwang/2014/04/16/the-next-big-business-buzzword-ecosystem/>
- Hwang, V. W., & Horowitz, G. (2012). *The Rainforest - the secret to building the next Silicon Valley*. Los Altos Hills: Regenwald.
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. Retrieved August 4, 2015, from <http://www.leydesdorff.net/th12/th12.pdf>
- Mercan, B., & Götkas, D. (2011). Components of Innovation Ecosystems. *International Research Journal of Finance and Economics*, (76), 102–112. <https://doi.org/10.1450-2887>
- Metcalfe, 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>
- Mitchell, M. (1996). An introduction to genetic algorithms. *Computers & Mathematics with Applications*, 32(6), 133. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(96\)90227-8](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(96)90227-8)
- Munroe, T., & Westwind, M. (2009). *What Makes Silicon Valley Tick?: The Ecology of Innovation at Work*. Nova Vista Publishing.

- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). An Evolutionary Theory of Economic Change. Retrieved from [http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=6Kx7s\\_HXxrC&pgis=1](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=6Kx7s_HXxrC&pgis=1)
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creating company: how japanese companies create the dynamics of innovation. New York, USA: Oxford University Press.
- OCDE. (2005). Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação (3a. Edição). Brasília: OCDE, Eurostat, FINEP. Retrieved from [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo\\_9789264065659-es](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es)
- 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>
- OECD. (2005). Oslo Manual (3rd ed.). European Comission / Eurostat. <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>
- Oksanen, K., & Hautamäki, A. (2014). Transforming regions into innovation ecosystems : A model for renewing local industrial structures. The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal, 19(2), 2–17.
- Schwartz, D., & Bar-El, R. (2015). The role of a local industry association as a catalyst for building an innovation ecosystem: An experiment in the State of Ceara in Brazil. Innovation: Management, Policy and Practice, 17(3), 383–399. <https://doi.org/10.1080/14479338.2015.1075855>
- Senge, P. M. (2006). The Fifth Discipline: the art & practice of the learning organisation (2nd ed.). Random House Business Books.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University. Retrieved from <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>