

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO

Gustavo Madureira Valentim Escaleira

**O Uso de Programação Baseada em Agentes no Estudo
da Transferência de Conhecimento em Redes**

SÃO PAULO - SP
2012

Gustavo Madureira Valentim Escaleira

**O Uso de Programação Baseada em Agentes no Estudo
da Transferência de Conhecimento em Redes**

Relatório de Pesquisa apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas como requisito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq/GVpesquisa.

Campo de conhecimento: Administração

Orientador: Professor Dr. Júlio César Bastos de Figueiredo

SÃO PAULO – SP
2012

Gustavo Madureira Valentim Escaleira

**O Uso de Programação Baseada em Agentes no Estudo
da Transferência de Conhecimento em Redes**

Relatório de Pesquisa apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas como requisito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq/GVpesquisa.

Campo de conhecimento: Administração

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Professor orientador – FGV-EAESP

Avaliador externo ou interno - Instituição

Coordenador da Iniciação Científica
FGV-EAESP

RESUMO

O estudo proposto se dividiu em duas partes distintas, a primeira etapa, que teve como termino dezembro de 2012, encerrou o trabalho de pesquisas e traduções necessárias para o modelo de Cluster desenvolvido por Lubrano e Rosario em 2007 que se encontrava em uma linguagem mais antiga do programa Netlogo e necessitava ser ajustada aos novos formatos da linguagem do mesmo. Já na segunda etapa do projeto, assim como proposto inicialmente, foram realizados estudos e propostas de desenvolvimento e melhoria para a base desenvolvida por Lubrano e Rosário, esses desenvolvimentos e melhorias tiveram o intuito de aprimorar a ferramenta de análise de clusters adicionando mais recursos e consequentemente, mais informações passíveis de estudo por parte dos pesquisadores.

Palavras-chave: Transferência de conhecimento, Teoria das capacidades absorptivas, Programação com agentes, NetLogo.

ABSTRACT

The proposed study was divided in two distinct sections, the first one, that was finished in December 2012, accomplished the researches and translations needed to the Cluster model from Lubrano and Rosário 2007 that was in older version from NetLogo e needed to be updated to the new formats required for the software. The second section, as initially proposed, studies, developments e improvements were applied at the cluster model made by Lubrano and Rosário, those developments were designed to improve the software for cluster analyses, adding more tools and consequently, more information that could be used for researchers' studies.

Keywords: Knowledge Transfer, Theory of absorptive capacity, Programming with agents, NetLogo

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
___ Questões da pesquisa.....	7
___ Contribuições esperadas.....	7
REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
___ A troca de conhecimento entre empresas.....	8
___ Cluster Industrial.....	9
___ A modelagem por agentes.....	10
METODOLOGIA.....	14
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	15
OPERAÇÃO DO MODELO.....	21
RESULTADOS DA SIMULAÇÃO.....	23
___ Cenário 1.....	24
___ Cenário 2.....	26
___ Cenário 3.....	29
___ Cenário 4.....	33
RESULTADOS ADICIONAIS.....	38
CONCLUSÃO.....	39
EXPANSÃO DO PROJETO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE A – CRONOGRAMA DE TRABALHO.....	43

Introdução

Este relatório terá como finalidade apresentar todos os resultados e melhorias encontrados e aplicados no projeto “O Uso de Programação Baseada em Agentes no Estudo da Transferência de Conhecimento em Redes”, durante o ciclo previamente estipulado de um ano. O desenvolvimento alcançado no projeto até meados de agosto de 2013 foram extremamente satisfatórios tanto no ponto de vista técnico como pelo ponto de vista acadêmico já que o software se apresenta inteiramente funcional, com novas funções, melhoria da interface, mas também, serviu como ótima fonte de pesquisas e estudos para o orientando à medida que as etapas do projeto ocorriam. Também serão explicadas neste relatório, mudanças significativas ocorridas na segunda etapa do projeto que não foram previstas, mas que foram necessárias para a conclusão da pesquisa e do projeto de forma adequada e concreta.

Questões da pesquisa

Qual é o uso potencial que a tecnologia de agentes inteligentes pode ter como instrumento para modelar e descrever o comportamento das redes de colaboração entre as empresas, principalmente envolvendo o processo de internacionalização e as relações entre matrizes e subsidiárias com trocas de conhecimento?

Contribuições esperadas

As contribuições esperadas com a realização do projeto são primeiramente a construção de uma base de conhecimento, por parte do orientando, sobre a programação baseada em agentes e a utilização da mesma para implementação de modelos na área da administração. Também é esperada como contribuição do projeto a produção de modelos computacionais desenvolvidos a partir de modificações propostas sobre o modelo de Lubrano e Rosario (2007), e também, sobre o modelo “Troca de conhecimento em redes” do professor Júlio César Bastos de Figueiredo; modelos de cenários baseados na estrutura de pensamento da teoria das capacidades absorptivas. Tais conhecimentos poderão servir de subsídios para futuras pesquisas de maior complexidade, bem como para o uso em sala de aula em situações de aprendizado.

Referencial teórico

Capacidade absorptiva e redes de empresas

É grande o interesse acadêmico pelo estudo dos fluxos de conhecimento dentro e entre empresas (GUPTA e GOVINDARAJAN, 2000). O conceito de capacidade absorptiva é utilizado como fator importante para a análise da aquisição do conhecimento (LYLES e SALK, 2006). Por exemplo, há evidências de que a capacidade absorptiva de subsidiárias facilita a transferência do conhecimento entre outras partes de uma empresa multinacional (LYLES e SALK, 2006). Quanto maior a capacidade absorptiva, mais elevada será o nível de transferência do conhecimento.

Em redes complexas o conhecimento é constantemente gerado, comunicado, recombinação e trocado. Em tais ambientes de competição, em que rapidamente o conhecimento adquirido pode se tornar obsoleto, para manter as vantagens competitivas, as empresas têm que se empenhar em aprender permanente. É neste sentido que as pesquisas sobre "redes de inovação" (ZANDER, 1999; PYKA, 2002) tornaram-se uma alternativa proeminente para o estudo do acesso às fontes externas de conhecimento. Nas redes da inovação, que são o resultado de vários colaboradores, os atores do processo de inovação compartilham e desenvolvem o conhecimento novo com outros atores (PYKA, 2002). A organização em redes é uma modalidade de coordenação de cadeias produtivas que é particularmente relevante em setores baseados em conhecimento. O fenômeno de redes da inovação está diretamente relacionado com a emergência das economias baseadas sobre o conhecimento a partir da década de 80 (AHRWEILER, PYKA *et al.*, 2004).

A necessidade de criação e transferência de conhecimento dentro das firmas é uma das principais motivações dos estudos sobre redes de empresas. Combinar recursos do conhecimento em redes permite a inovação a custo menor. Além disso, a cooperação em pesquisa e desenvolvimento também conduz a uma maior intensidade das atividades de pesquisa e desenvolvimento (D'ASPREMONT e JACQUEMIN, 1988).

Cluster Industrial

Um cluster, no mundo da indústria, é uma concentração de empresas que se comunicam por possuírem características semelhantes e coabitarem no mesmo local. Elas colaboram entre si e, assim, se tornam mais eficientes.

Este conceito foi popularizado pelo economista Michael Porter no ano 1990, no seu livro *Competitive Advantages of Nations* ("As vantagens competitivas das nações"). No mundo existem diversos clusters industriais ligados a setores como o automóvel, as tecnologias da informação, turismo, indústria audiovisual, transporte, logística, agricultura, pesca, etc...

Exemplos de clusters mais conhecidos atualmente são Silicon Valley, na área da Califórnia (Estados Unidos) onde se concentram um grande número de empresas de tecnologia (microelectrónica, tecnologias da informação e biotecnologia) ou o Kista na Suécia.

A cooperação entre empresas tem, no último ano, proliferado por variadas áreas de negócio. De forma resumida podemos agrupar as razões e motivações principais em dois grandes grupos: a necessidade de conseguir maior flexibilidade e por outro lado a procura de maior eficiência na satisfação de uma oportunidade temporária.

Este fenómeno tem tido uma maior evolução nas pequenas e médias empresas com limitada disponibilidade de recursos (financeiros, tecnológicos, produtivos, humanos) e com atividades complementares. Em geral a cooperação entre empresas pode ser de dois tipos: - Cooperação Horizontal: Envolvem geralmente acordos de longo prazo entre empresas do mesmo setor que originam as denominadas "alianças estratégicas"; - Cooperação vertical: Envolvem diferentes entidades da cadeia de fornecimento, estes seriam os fornecedores, fabricantes, distribuidores e clientes.

Diversos fatores podem contribuir para dificultar o sucesso de cooperações entre empresas, como: - A dificuldade na garantia de um clima de confiança; - Necessidade de infraestruturas que assegurem uma aprendizagem comum e partilha de informação e conhecimento, - Necessidade de infraestruturas legais que compreendam os direitos de propriedade intelectual ou direito a dividendos.

Programação baseada em agentes

De forma geral, na programação baseada em agentes, os "agentes" podem ser definidos como os elementos autônomos de software criados para desempenhar tarefas predefinidas dentro de um sistema. Esse sistema pode ser uma empresa, ou mesmo um conjunto de consumidores e empresas. As simulações multiagente são caracterizadas pela existência de múltiplos agentes interagindo uns com os outros, com pouca ou nenhuma direção centralizada. A propriedade de inteligência emergente do modelo baseado em agentes surge durante o processo de interação, de baixo para cima (bottom-up) e não do sentido de cima pra baixo (top-down) (TISUE e WILENSKY, 2004; EPSTEIN, 2006).

A programação multiagente é uma técnica de modelagem que têm crescido em uso nos últimos anos (JUDD, TEFATSION et al., 2005). Por meio dela é possível observar como agentes individuais, pessoas, produtos ou organizações, interagem entre si e com seu ambiente (AXELROD, 1997). Simulação computacional é usada para descobrir propriedades emergentes do modelo e assim ganhar entendimento dentro de um processo dinâmico, o que seria muito difícil de modelar com técnicas matemáticas usuais. Deve-se então dispor de ferramentas capazes de criar, no computador, simulações de fenômenos complexos e modelos descentralizados.

Os agentes comportam-se sem intervenção direta. Têm-se apenas algum tipo de controle sobre suas regras de comportamento e sobre seu estado interno. São instruídos de acordo com metas e prioridades específicas para realizar um objetivo predeterminado. Os agentes podem interagir com seu meio ambiente por meio de algum processo de comunicação e troca de informações. Porém, os agentes não atuam simplesmente em resposta ao seu ambiente, eles podem exibir comportamento orientado por metas, tomando a iniciativa. Os agentes têm estados internos e objetivos individuais, e atuam para atingir seus objetivos (WEISS, 1999; ANUMBA, UGWU et al., 2001).

Estes sistemas possuem capacidade para resolver problemas tradicionalmente distribuídos e possibilitam sofisticados padrões de interação. A flexibilidade e o alto nível das interações formam a base deste potente paradigma e distinguem os sistemas multiagente de outras abordagens (JENNINGS, SYCARA et al., 1998).

Por meio da modelagem baseada em agentes é possível observar como agentes individuais (pessoas, organizações ou mesmo nações) interagem entre si e com seu ambiente

(AXELROD, 1997). A simulação no computador é usada para descobrir propriedades emergentes do modelo e assim ganhar entendimento dentro de um processo dinâmico, o que seria muito difícil de modelar com técnicas matemáticas padrão. Deve-se então dispor de ferramentas capazes de criar, no computador, simulações de fenômenos complexos e modelos descentralizados.

Modelos do ambiente Netlogo possuem três tipos distintos de agentes: as *turtles*, os *patches* e os *links*, todos com comportamento programável. As *turtles* são os indivíduos do modelo em questão, podendo mover-se pelo ambiente e iniciar interações com outros indivíduos. Os *patches* são cada pequeno pedaço do ambiente considerado separadamente em quadrados, podendo ser programados para influenciar o comportamento das *turtles* de diversas maneiras. Os *links* são agentes que conectam duas *turtles*, formando uma linha reta entre elas.

Os modelos do ambiente Netlogo possuem três aspectos distintos a serem compreendidos e serão ilustrados a partir dos desenvolvimentos realizados durante o projeto. O primeiro é a interface de programação, na qual todas as características dos agentes e do ambiente estão escritas na linguagem de programação Figura (1).

Na figura (2) podem-se observar alguns exemplos de botões de parâmetros: da esquerda para direita temos, o *slider* “n-c1” que determina quantos agentes serão amarelos; o *slider* “n-c2” que determina quantos agentes serão vermelhos e por fim o *slider* “n-c3” que determina quantos agentes serão azuis; também temos o *slider* “alfa” que determina a velocidade de resposta da função S às variações na diferença de conhecimento, o *slider* “prob. de colaboração” que determina a probabilidade de troca entre empresas e o *slider* “taxa de obsolescência” que determina a velocidade com que o conhecimento perde o seu valor.

O terceiro aspecto são as telas nas quais as interações podem ser observadas enquanto o modelo escrito na linguagem de programação é executado com as características escolhidas nos botões de parâmetros. Na figura (3) podem-se observar exemplos de tais telas: da esquerda para a direita, tela na qual é possível observar a movimentação dos agentes (no caso, cada qual com uma cor de acordo com suas características); os gráficos que produzem as informações relativas à interação dos agentes no cluster.

```

rede2.0 - NetLogo (C:\Users\Gustavo Escalera\Desktop\GV\PIBIC)
File Edit Tools Zoom Tabs Help
Interface Info Code
Find... Check Procedures Indent automatically

to troca-de-conhecimento [A B]
;; A troca de conhecimento depende da capacidade absorptiva e do gap de conhecimento entre as firmas
ask A [
  if c1 < [c1] of B
  [calcula-ganho c1 [c1] of B CA1
   set c1 c1 + ganho_de_conhecimento
   if c1 > 100 [set c1 100] if c1 < 0 [set c1 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
  if c2 < [c2] of B
  [calcula-ganho c2 [c2] of B CA2
   set c2 c2 + ganho_de_conhecimento
   if c2 > 100 [set c2 100] if c2 < 0 [set c2 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
  if c3 < [c3] of B
  [calcula-ganho c3 [c3] of B CA3
   set c3 c3 + ganho_de_conhecimento
   if c3 > 100 [set c3 100] if c3 < 0 [set c3 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
   set conhecimento replace-item 0 conhecimento c1
   set conhecimento replace-item 1 conhecimento c2
   set conhecimento replace-item 2 conhecimento c3
   set nivel_de_conhecimento precision ((c1 + c2 + c3) / 3) 1
]
ask B [
  if c1 < [c1] of A
  [calcula-ganho c1 [c1] of A CA1
   set c1 c1 + ganho_de_conhecimento
   if c1 > 100 [set c1 100] if c1 < 0 [set c1 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
  if c2 < [c2] of A
  [calcula-ganho c2 [c2] of A CA2
   set c2 c2 + ganho_de_conhecimento
   if c2 > 100 [set c2 100] if c2 < 0 [set c2 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
  if c3 < [c3] of A
  [calcula-ganho c3 [c3] of A CA3
   set c3 c3 + ganho_de_conhecimento
   if c3 > 100 [set c3 100] if c3 < 0 [set c3 0]
   set conhecimento_transferido conhecimento_transferido + ganho_de_conhecimento]
   set conhecimento replace-item 0 conhecimento c1
   set conhecimento replace-item 1 conhecimento c2
   set conhecimento replace-item 2 conhecimento c3
   set nivel_de_conhecimento precision ((c1 + c2 + c3) / 3) 1
]
end

```

Figura (1) – Modelo de Programação no software NetLogo. Esta função determina o conhecimento do agente após a troca com outro agente.



Figura (2) – Alguns botões que modificam características de um modelo

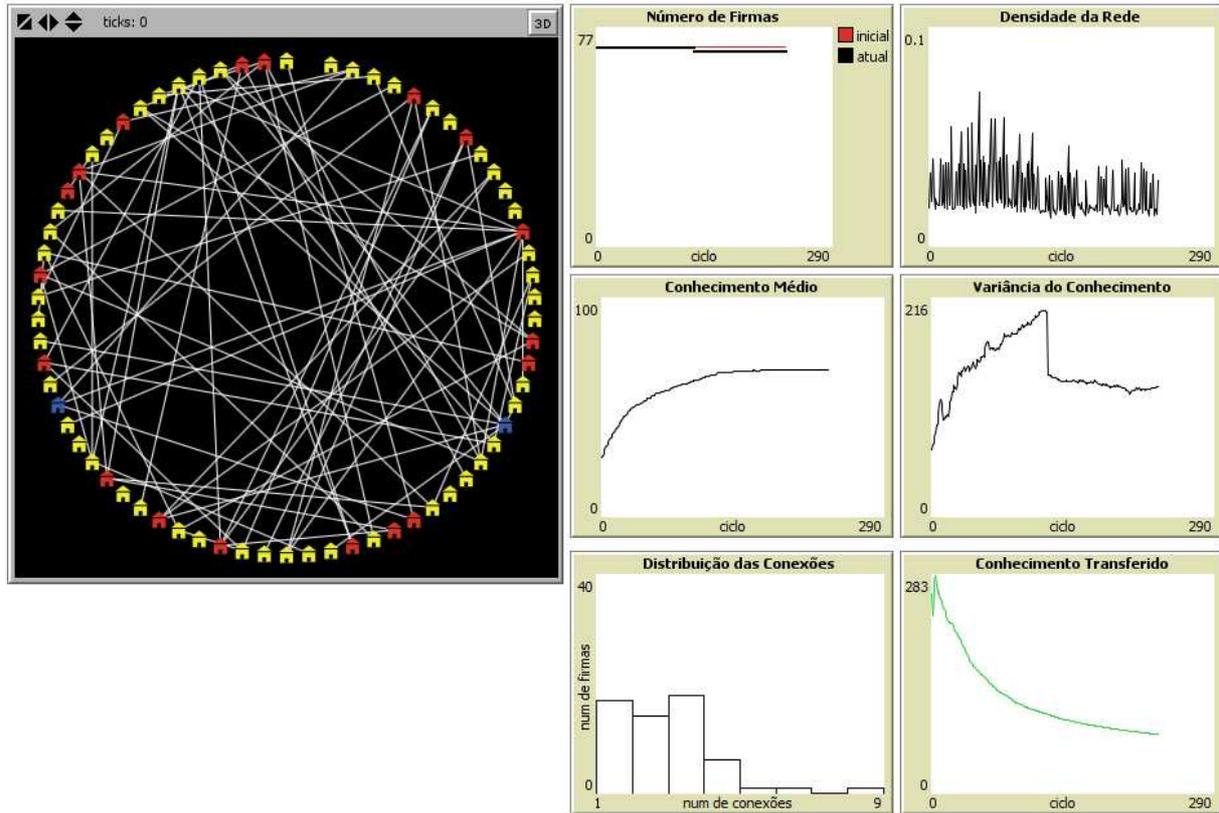


Figura (3) – Tela na qual se observam as interações entre os agentes dentro do ambiente e os gráficos que produzem informações a serem estudadas

Para o estudo da troca de conhecimento entre empresas, o modelo computacional original utilizado até a primeira metade do projeto pode ser encontrado na página do software Netlogo sob o nome de “cluster” (LUBRANO e ROSARIO, 2007). Este modelo simula a troca de conhecimento entre empresas baseado em seus níveis de conhecimento e também levando-se em consideração a teoria das capacidades absorptivas. O programa funciona por meio de uma programação baseada em agentes que, por sua vez, encontra-se atualmente desatualizada, cabendo à atual pesquisa traduzir a linguagem para que esta funcione nas versões mais recentes do software Netlogo.

Após entrarmos mais a fundo nas linhas de programação do programa original durante a segunda etapa do projeto, tanto orientador como orientando perceberam que existiam algumas passagens inclusas e equações criadas para “forçar” o funcionamento do programa que, em nenhum momento, apresentou a explicação dos motivos ou significados de tais passagens pelos autores do modelo. Por esse motivo, a segunda etapa do projeto tomou como base o modelo de “Troca de conhecimento em redes” desenvolvido pelo Professor Júlio Cesar Bastos de Figueiredo que segue a mesma linha que o modelo de Cluster de Lubrano e Rosário, porém com formulas e

passagens explicadas e justificadas, tornando assim o trabalho de pesquisa realizado mais confiável e próximo aos resultados esperados para uma simulação da realidade.

Metodologia

O projeto de pesquisa aqui proposto pode ser caracterizado como um estudo aplicado, já que visa gerar conhecimentos e modelos para aplicação prática. No que se refere ao método analítico, esta proposta pode ser classificada como hipotético-dedutiva, pois o método consistirá na construção de conjecturas ou hipóteses, representadas por modelos matemáticos e de simulação. Das hipóteses formuladas, deduzem-se consequências que eventualmente podem ser testadas ou falseadas por meio da comparação do comportamento dos modelos propostos frente à realidade. A simulação, como a dedução, começa com um conjunto de assunções explícitas. Mas ao contrário da dedução, não demonstra teoremas. Em vez disso, a simulação gera dados que podem ser analisados indutivamente. Ao contrário da indução típica, os dados simulados provêm de um conjunto de regras, especificadas rigorosamente, e não da medida direta do mundo real (BERENDS e ROMME, 1999).

A dinâmica das trocas de conhecimento entre as empresas podem levar a diversas configurações locais (redes) que são em geral difíceis de serem modeladas por métodos econométricos clássicos. Para compreender essa dinâmica, na maioria das vezes tenta-se analisar o problema desmontando-o em partes para depois examinar essas partes e tentar compreender o todo, utilizando, por exemplo, estatísticas descritivas ou modelos de regressão. Todavia, as empresas e seu ambiente constituem-se em parte de um sistema. Os sistemas apresentam propriedades que nenhuma de suas partes isoladamente poderia apresentar. Como consequência, um sistema não pode ser compreendido simplesmente dissecando-o, o que significa analisá-lo por partes. Para compreender completamente um sistema, deve-se identificar o todo, o contexto do qual o sistema faz parte, explicar o comportamento desse todo, e então explicar o comportamento do sistema em questão (FIGUEIREDO, 2009). Técnicas de modelagem tais como a dinâmica de sistemas (STERMAN, 2000) e a programação multiagentes (FERBER, 1999) têm sido cada vez mais utilizadas para capturar e estudar a dinâmica de sistemas complexos na administração.

A metodologia para a construção dos modelos teóricos, que servirão de base para as conclusões desta pesquisa, é a modelagem e simulação por meio de programação multiagente. O processo de modelagem multiagente pressupõe a existência de ambientes computacionais próprios para a construção dos modelos e execução das simulações. Várias são hoje as plataformas que permitem a programação de modelos com o uso dessa metodologia. Uma das mais conhecidas e utilizadas é o software Netlogo (TISUE e WILENSKY, 2004). Isso se deve principalmente ao fato deste software ser gratuito e amplamente utilizado como ferramenta de modelagem.

Desenvolvimento do Projeto

O projeto exigiu do orientando a familiarização com a linguagem de dois modelos distintos para chegar ao resultado final aqui apresentado, tanto o modelo de cluster de Lubrano e Rosário como o de Figueiredo trata sobre o mesmo assunto, e possui o mesmo software base, porém, divergem quanto à forma de interpretar, analisar e calcular a ligação de troca de conhecimento em redes. Essas diferenças serão melhor explicadas ao decorrer do texto, o desenvolvimento do projeto descrito a seguir toma como base o modelo desenvolvido por Figueiredo.

Após a familiarização com a linguagem do modelo estudado e também um maior aprofundamento sobre as teorias tanto das capacidades absorptivas como da troca de conhecimento entre empresas, o orientando pôde ter uma maior visão sobre o funcionamento do programa e suas principais características.

O modelo estudado simula um ambiente de pequenas e médias empresas que se mostram em diferentes fases da produção de uma família de produtos homogêneos, estas empresa estão adeptas a realizar relações (não lineares) com outras firmas dentro da rede criada pelo programa, são a partir destas relações que o Netlogo gera os comportamentos e padrões passíveis de estudo.

Para uma maior compreensão do indivíduo com o programa, é necessária uma explicação mais aprofundada do funcionamento do programa levando-se em consideração os mecanismos criados por Figueiredo em seu modelo. O sistema possui agentes que são as empresas dentro do cenário, cada empresa possui três competências aqui denominadas c1, c2, c3 com um valor entre 0 e 100, o pesquisador tem o poder de definir quantas empresas devem existir dentro do cenário,

inclusive especificando quantas empresas devem ser especialistas em cada assunto (agentes amarelos especialistas em c1, agentes vermelhos especialistas em c2 e agentes azuis especialistas em c3), a especialização denominada a cada empresa é dada por conta da “quantidade” de conhecimento que esta possui em relação às três competências descritas no modelo, empresas amarelas, que são especializadas em c1, possuem o nível de c1=80, c2=10 e c3=10, empresas vermelhas possuem o nível c1=10, c2=80 e c3=10 e por fim, as empresas azuis possuem o nível c1=10, c2=10 e c3=80.

Esses tipos de especialização são definidos pelo modelo ao iniciar o programa, mas com o decorrer dos ciclos, fatores como obsolescência ou trocas de conhecimento podem alterar o tipo de especialização de uma empresa. Cada empresa ainda possui uma capacidade de absorção referente a cada conhecimento, esta medida determina a habilidade da firma em avaliar, assimilar e aplicar os novos conhecimentos obtidos por meio de trocas na rede, a capacidade de cada empresa varia em relação aos seus níveis de conhecimentos disponíveis, seguindo a formula a seguir:

$$CA_{i:j} = \frac{c1}{100}$$

O conhecimento das empresas é o que determina o sucesso de alcançar um grande conhecimento e de se manter dentro do cenário como líder ou, levar a empresa para a obsolescência resultando na saída do cenário (falência). Esse conhecimento pode ser de duas formas:

- Interno: É relacionado com a pesquisa e o desenvolvimento interno ou através do processo de aprendizagem por meio do uso, ou seja, o aprendizado mais cotidiano que é construído por meio da tentativa e erro (ganho com as relações internas pela capacidade absorptiva).
- Externo: É relacionado ao processo do aprendizado pela interação com outras empresas, seja por novas ligações como por ligações contínuas entre empresas parceiras.

Dentro desse modelo, as empresas se mantem aprendendo durante toda a simulação, porém, o conhecimento perde progressivamente o valor à medida que este vai caminhando para a obsolescência, a taxa de obsolescência é estabelecida de 0 a 1 e afeta todas as empresas da mesma maneira. Este fenômeno ocorre justamente para determinar a possibilidade de

sobrevivência das empresas e se esta consegue contrastar o decrescimento progressivo do conhecimento com uma combinação de formas de aprendizado distintas, caso não saiba se estruturar dentro do cluster pode vir a correr grandes riscos de sair do cluster por se tornar obsoleta e não apresentar vantagem alguma no momento de troca de conhecimento com outras empresas.

Outro elemento importante que deve ser levado em consideração para análise do programa é a ligação entre as empresas ou probabilidade de colaboração. As empresas dentro da rede apenas realizam trocas de conhecimento se estas obtiverem conhecimentos complementares, fazendo sentido às trocas realizadas, a decisão de troca entre duas empresas ocorre após uma busca por cada empresa por conhecimentos complementares, ao encontrar uma parceira, a ligação é feita referente ao nível estabelecido pelo pesquisador de probabilidade de colaboração, caso ocorra a parceria entre as empresas, uma linha branca liga as duas e a troca se inicia, todavia, a ligação a cada ciclo é revista por ambas as empresas em busca de sinais de ineficiência, ou seja, caso uma das empresas não possua mais conhecimentos complementares, diminua o *gap* de conhecimento ou vá a falência.

Em relação às equações de troca de conhecimento utilizadas pelo modelo deve-se fazer um paralelo àquelas utilizadas pelo modelo de Lubrano e Rosário. No primeiro modelo, adotado até a primeira metade da pesquisa, era possível perceber em meio à programação que a equação base para calcular a troca de conhecimento entre os integrantes do cluster era confusa e sem sentido, não apresentava explicações aparentando ser uma maneira encontrada pelos autores do modelo para “forçar” o programa a exibir algum resultado.

Já no segundo modelo, produzido por Figueiredo, a equação base utilizada é uma curva sigmoidal em que caracteriza a quantidade de conhecimento transferida entre agentes como dependente da diferença entre os conhecimentos individuais das mesmas, ou seja, segundo a curva, a fração de conhecimento transferido entre agentes cresce à medida que a diferença entre seus conhecimentos individuais aumenta. Para facilitar a explicação segue abaixo uma curva sigmoidal.

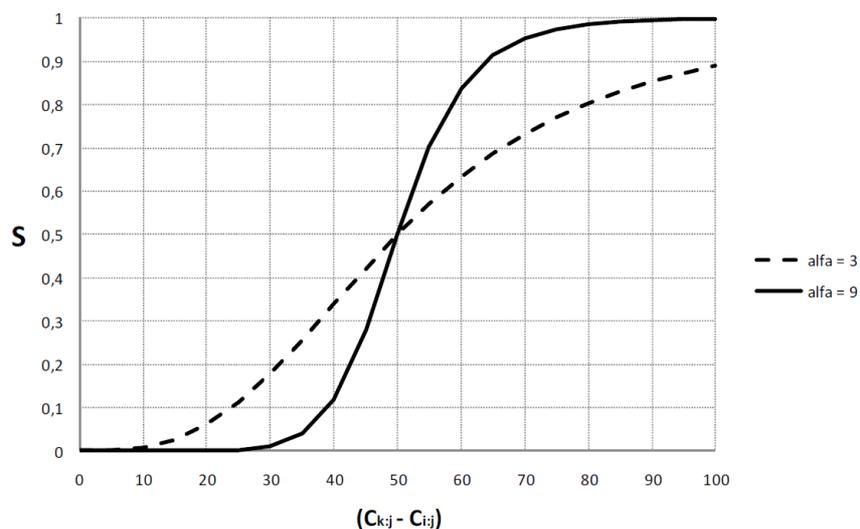


Gráfico (1): Curva sigmoidal descrita previamente. No eixo vertical temos S como a fração de conhecimento “ j ” transferido e $(C_{k,j} - C_{i,j})$ no eixo horizontal como a diferença do conhecimento “ j ” entre o agente C_k e C_i . Também há a variável alfa como a velocidade de resposta da função S às variações na diferença de conhecimento.

Pode-se perceber que quanto menor é a diferença entre conhecimento, menor é a fração transferida pela ligação realizada e, com o aumento desta diferença, os valores de conhecimento trocados aumentam. Após entendida a base do modelo de Figueiredo, o orientando pôde estudar a fundo a proposta sugerida ao se usar a equação sigmoidal e a partir daí, encontrar propostas de ampliação dos resultados, melhoria ou possíveis correções.

O principal ponto que chamou atenção dentro do modelo foi quanto à equação utilizada para simulação da troca de conhecimento entre os clusters, o calculo utilizado para definir a quantidade de conhecimento adquirido pelas empresas no momento da troca realizada faz sentido em uma situação hipotética para estudo onde não sejam considerados os custos envolvidos pelo ato da troca, pelo próprio investimento necessário para absorção de um novo conhecimento ou até a questão do custo agregado para a criação e desenvolvimento de certo know-how internamente, ou seja, utilizando-se de um exemplo próximo à realidade, segundo a equação utilizada, uma empresa com altíssimo conhecimento em tecnologia como a Microsoft que teria gasto milhões de dólares em trocas de conhecimento, criação e desenvolvimento de know-how interno alcançaria um nível de supostos 95 “pontos” em conhecimento tecnológico, e, do outro lado, uma startup tecnológica nascida entre quatro colegas de faculdade com meros cinco “pontos” de conhecimento sobre o mesmo assunto estariam dispostas a realizar uma troca de quase 100%, sendo assim, a Microsoft em troca de alguns “pontos” de conhecimento, entrega uma grande

parcela de todo seu conhecimento agregado que, devido a falta de capacidade absorptiva por parte da startup, nem seria completamente aproveitada.

Por conta desta análise, o orientando buscou novas formas de explicar ou aproximar ainda mais a simulação à realidade encontrada nas redes de transferência de conhecimento, e assim foram propostas duas novas funções além da sigmoïdal para prover mais dados e informações que por sua vez, poderiam ser comparadas entre si e com a realidade. As duas funções propostas foram a linear e a de Gauss.

A função linear tem como objetivo estudar como ocorre a troca de conhecimento entre as empresas e como se comporta o cluster com a equação beneficiando as trocas entre empresas com diferenças muito grandes entre seus conhecimentos em relação àquelas que possuem conhecimento semelhante, abaixo segue o gráfico da função linear.

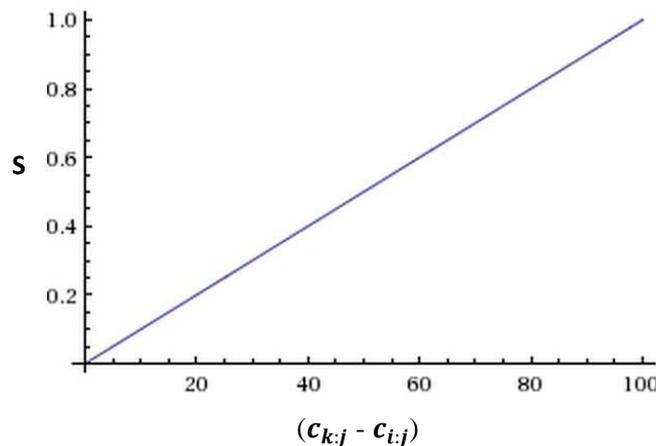


Gráfico (2): Função Linear descrita previamente. No eixo vertical temos S como a fração de conhecimento “j” transferido e $(c_{k,j} - c_{i,j})$ no eixo horizontal como a diferença do conhecimento “j” entre o agente c_k e c_i .

A diferença dos resultados obtidos com essa função em relação àqueles obtidos com a função sigmoïdal é que neste caso, a função privilegia a maior diferença possível entre o nível de conhecimento entre empresas, não há nesse caso, o nível 50 como patamar onde as trocas de conhecimento começam a se tornar significantes como é o caso a equação inicial.

E a segunda equação, provavelmente a mais significativa para o modelo, trata da equação de Gauss ou distribuição normal, essa equação se mostrou a mais adequada para se aproximar da realidade encontrada entre empresas de um mesmo cluster. Segundo a equação, ambos os extremos não são privilegiados, ou seja, nem pequenas diferenças assim como grandes diferenças

de conhecimento resultam em grandes frações de transferência, logo, o caso descrito previamente entre a Microsoft e a startup não ocorreria devido a grande diferença entre os conhecimentos individuais de cada parte ao realizar a troca; ao mesmo tempo, empresas com pouquíssima diferença de conhecimentos também não realizariam uma troca por conta dos custos transacionais e operacionais envolvidos com a negociação. Abaixo segue a equação normal utilizada:

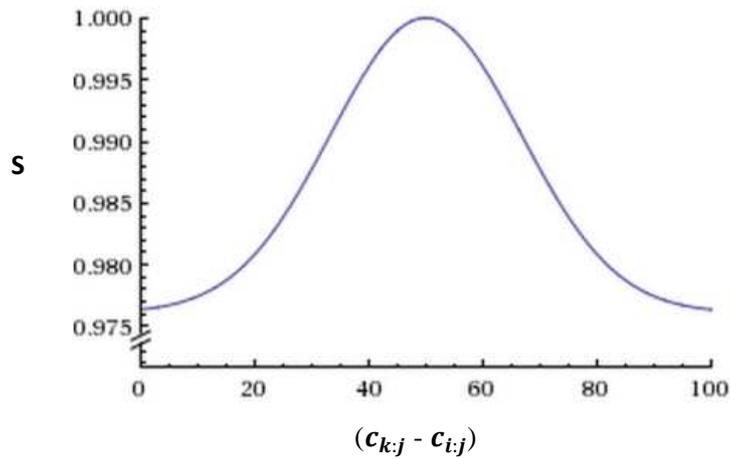


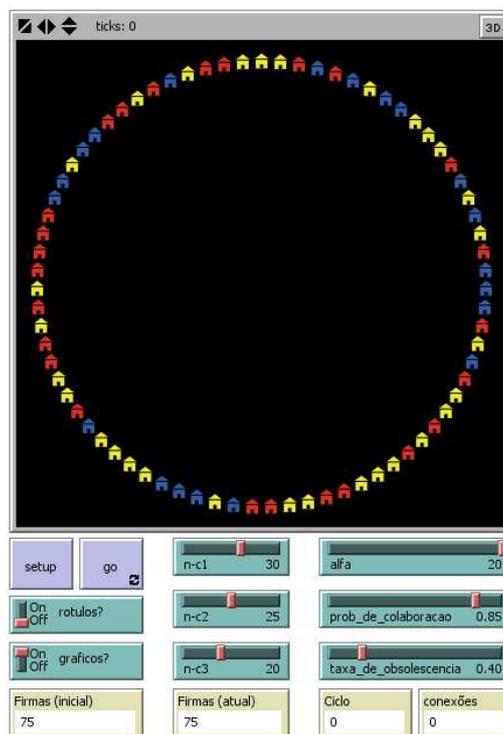
Gráfico (3): Curva de Gauss descrita previamente. No eixo vertical temos S como a fração de conhecimento “ j ” transferido e $(c_{k,j} - c_{i,j})$ no eixo horizontal como a diferença do conhecimento “ j ” entre o agente c_k e c_i .

Operação do Modelo

O programa por mais que se pareça complexo pode, após algumas simulações, apresentar resultados de interpretação simples. O pesquisador deve antes de entrar no modelo definir alguns atributos que irão formar o cenário para a simulação, estes seriam:

- Quantas empresas irão existir no cluster e a quantidade de especialistas para cada conhecimento (C1, C2, C3) com máximo de 150 agentes.
- A probabilidade de colaboração (entre 0 a 1)
- A taxa de obsolescência do conhecimento (0 a 1)
- A equação cujo programa deve basear as trocas ocorridas (Sigmoidal, Linear, Gauss).
- Alfa (0 a 20) – apenas para equações sigmóides

Após o estabelecimento dessas variáveis, o pesquisador está pronto para entrar no modelo do cluster, primeiramente devem ser introduzidas quantidades para cada empresa, os números serão introduzidos nos *sliders* “n-c1”, “n-c2” e “n-c3”. As empresas amarelas (especialistas em c1) são determinadas pelo *slider* “n-c1”; as empresas vermelhas (especialistas em c2) são determinadas pelo *slider* “n-c2” e por fim, as empresas azuis (especialistas em c3) são determinadas pelo *slider* “n-c3”. Ao lado temos uma exemplificação de uma simulação com 75 agentes no total em que 30 são agentes amarelos, 25 agentes vermelhos e 20 agentes azuis.



Após a definição dos agentes da simulação, o pesquisador deve adicionar a probabilidade de colaboração no *slider* “*prob_de_colaboracao*”, a taxa de obsolescência do conhecimento no *slider* “*taxa_de_obsolescencia*”, a equação que será estudada e por fim o alfa caso a equação sigmoidal seja escolhida. Introduzidas as informações, cabe ao pesquisador pressionar o botão *setup* e em seguida o botão *go*, este ultimo botão tem caráter *ad infinitum*, ou seja, rodará o programa indefinidamente podendo apenas parar caso as relações de troca ou todas as empresas do cluster desapareçam; caso seja necessário pausar a simulação para alguma análise momentânea, é necessário apenas pressionar o botão *go*.

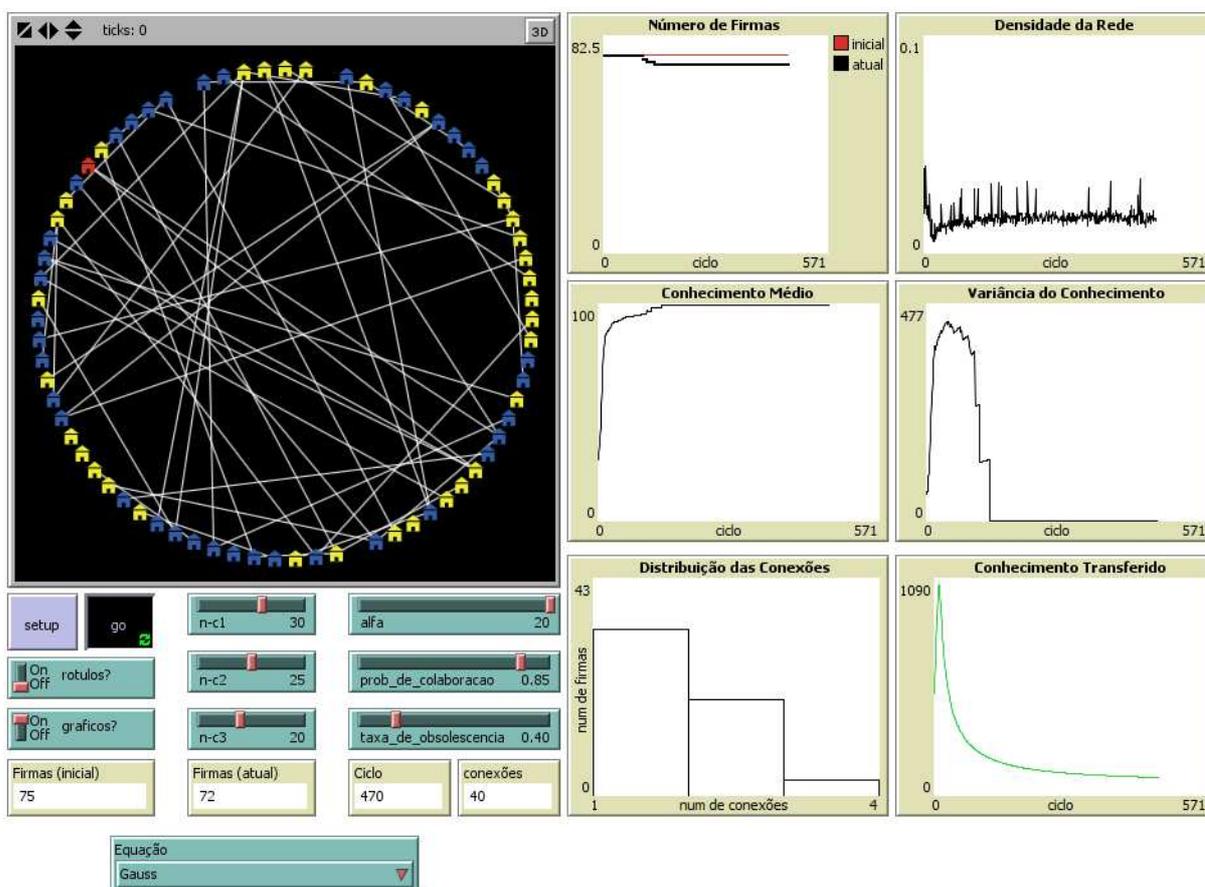


Figura (4) – Modelo em funcionamento

Resultados da Simulação

O modelo de Figueiredo, por se tratar de um simulador capaz de rodar inúmeras variáveis aleatórias juntas, sempre irá resultar em números diferentes para cada rodada de simulações, também deve-se atentar que há um grande conjunto de variáveis que não são afetadas pela lógica do programa, mas sim pelo pesquisador como obsolescência, probabilidade de colaboração, quantidade de empresas de cada tipo, etc. É interessante notar que, mesmo sob o caráter de aleatoriedade do programa, existem padrões criados para o modelo que justificam muito bem as teorias de capacidade absorptivas, assim como as propostas esperadas pela introdução de determinado tipo de equação no modelo, esses padrões serão estudados a seguir.

Para realizar as análises sobre os resultados do modelo, foram propostos quatro cenários distintos, dentro destes, foram feitas 15 simulações de 500 ciclos para cada tipo de equação (Linear, Sigmoidal e Gauss), em cada simulação, foram coletados os seguintes dados:

- **Conhecimento Médio:** é a média do conhecimento total de todas as empresas presentes no cluster no ciclo 500; o conhecimento total de uma empresa é a média de todos os seus conhecimentos juntos ($c_1+c_2+c_3$).
- **Conhecimento Transferido:** é o conhecimento médio transferido por unidade de tempo, o valor coletado é referente ao pico inicial registrado de conhecimento transferido pelo cluster.
- **Firmas Excluídas:** é a variação do número de empresas inicial e final, são aquelas que por algum motivo deixaram o cluster.
- **Conexões:** o número de conexões presente no ciclo 500.

A escolha destes dados foi feita para embasar as explicações do comportamento das equações que estão presentes no programa, como o modelo gera comportamentos e valores diferentes a cada simulação, foi tirada a média das 15 simulações para cada dado acima, é importante ressaltar que a aleatoriedade descrita é feita dentro de equações previamente estipuladas, portanto, os resultados das simulações tendem a pertencer a uma mesma faixa, raros são os casos de *outliers* dentro da amostra.

Cenário 1

O cenário 1 busca entender como ocorrem as relações de troca de conhecimento em um cluster onde existam números iguais de empresas com mesma especialidade, ou seja, cada tipo de especialização (c1, c2, c3) possui 30 empresas, totalizando 90; foi considerado que a taxa de colaboração fosse 0,65 e a taxa de obsolescência 0,4, dessa forma as empresas teriam mais oportunidades de realizar trocas entre si e o conhecimento não perderia tanto seu valor com o tempo. Por fim, para a equação sigmoidal, o alfa utilizado foi de nove já que, como apresentado anteriormente no gráfico (1), quanto menor o alfa, mais próxima à equação fica de uma curva linear. Os resultados obtidos dentro do cenário estão apresentados na tabela abaixo:

	Conhecimento Médio	Conhecimento Transferido	Firmas excluídas	Conexões
Sigmoidal	74,98	382	1	60
Linear	90,55	459	2	59
Gauss	97,01	1089	2	43

A equação sigmoidal foi aquela que obteve o menor conhecimento médio entre as três equações, esse comportamento é devido a grande quantidade de empresas no cluster com conhecimentos parecidos; segundo a equação, quanto menor a diferença entre o conhecimento de duas empresas, menor é a proporção transferida, logo, menor é a quantidade de conhecimento adquirida pelas trocas de conhecimento efetuadas, também deve-se lembrar que a equação do modelo diz que as trocas começam a se tornar significantes com a diferença mínima em 50. Outro fato que comprova o esse comportamento é o pico de conhecimento transferido que atingiu um nível baixo em relação às outras duas equações, seu número de conexões é o maior de todos devido à baixa quantidade de conhecimento transferida, gerando a necessidade de ter-se que realizar cada vez mais trocas e parcerias com outras empresas para que o conhecimento agregado aumente e não se torne obsoleto.

A segunda equação, linear, obteve um bom nível de conhecimento médio, considerando-se o máximo como 100. Esse comportamento observado pode ser atribuído à forma como a proporção de transferência ocorre, ou seja, diferentemente da primeira equação onde as trocas se tornam significantes a partir de 50, neste caso, as trocas vão ocorrendo desde o começo onde as empresas estão iniciando as trocas e, portanto possuem níveis de conhecimento muito parecidos, até o final do ciclo, onde as empresas já possuem diferenças consideráveis e assim resultam em proporções de troca próximas a um.

Por fim, a equação de Gauss foi aquela que obteve maior conhecimento médio no cenário 1, a provável explicação para esse comportamento é referente à um problema com a construção da equação que não pôde ser arrumada durante a pesquisa devido a problemas de tempo, como pôde ser observado no gráfico 3, a equação tem, para empresas com diferenças entre conhecimento 0, um S de 0,975 e assim sendo, qualquer troca realizada pela equação transfere uma proporção sempre muito próxima a 1, quando inserida em um cluster com um grande numero de empresas com níveis de especialização muito diferentes, possibilita que todas as empresas se beneficiem das trocas absorvendo sempre uma grande parte de conhecimento, o número de ligações é baixo justamente por que cada empresa não precisa buscar constantemente novas parcerias para construir seu conhecimento já que a cada ligação feita agrega uma grande quantidade de conhecimento.

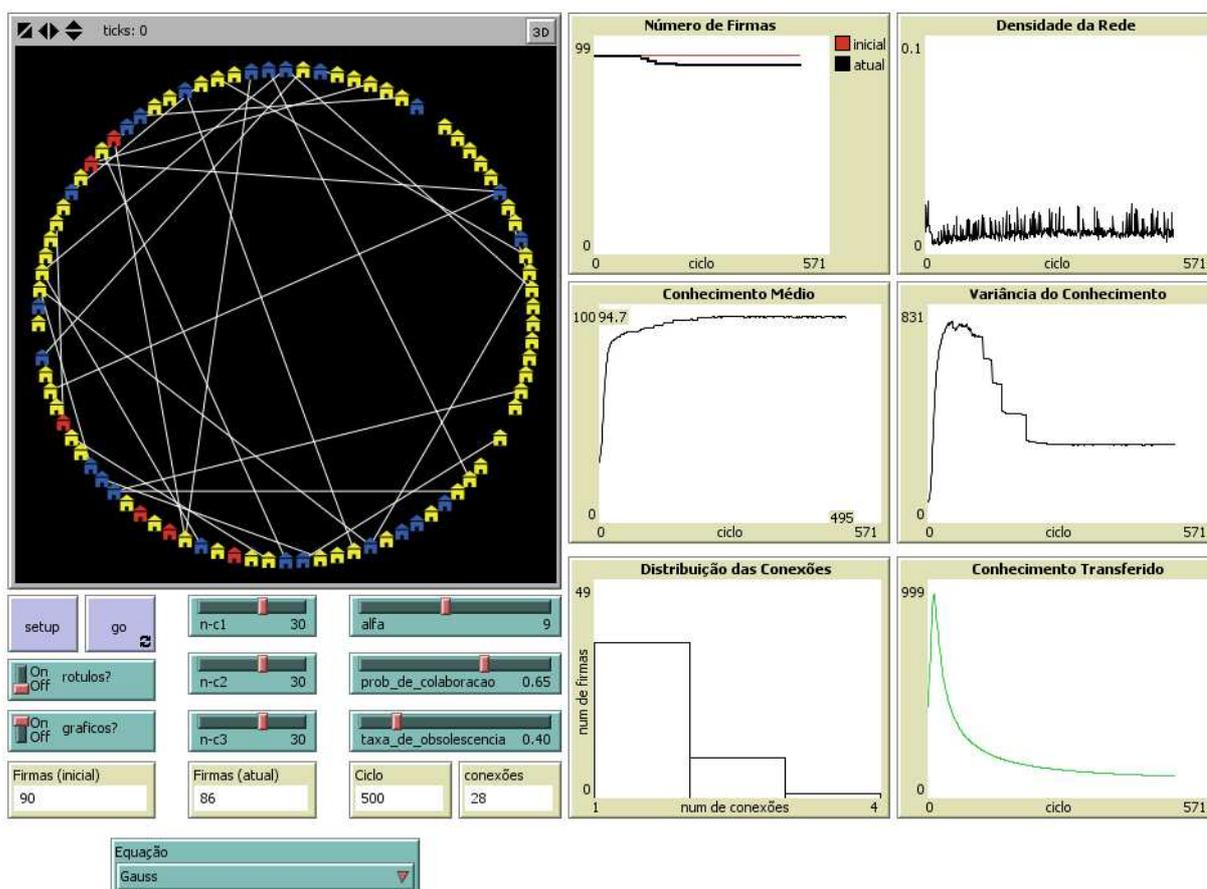


Figura (5) – Exemplo de simulação realizada no cenário 1

Cenário 2

O cenário 2 propôs estudar a relação existente dentro de um cluster quando o número de empresas especializadas é diferente, dessa forma, ao invés de termos 90 empresas como no cenário 1, há agora apenas 50 sendo que 30 são amarelas (c1), 20 são vermelhas (c2) e 10 azuis (c3). As demais variáveis continuam as mesmas, colaboração 0,65; obsolescência 0,4 e alfa nove. O intuito da construção deste cenário será de entender como as empresas se comportam quando há uma grande oferta de conhecimento c1 e baixa oferta de c3. Os resultados são apresentados a seguir:

	Conhecimento Médio	Conhecimento Transferido	Firmas excluídas	Conexões
Sigmoidal	73,20	249	1	32
Linear	84,51	279	1	44
Gauss	62,93	599	1	98

Neste cenário, pode-se perceber que a curva sigmoideal obteve o segundo maior conhecimento médio dentre as equações ainda que continue com menor pico de conhecimento transferido, esse resultado é devido ao grau da densidade da rede apresentada durante as simulações, apesar da média de conexões no ciclo 500 ser baixa, a quantidade de conexões realizada durante os ciclos possibilitou o aumento do conhecimento das empresas rapidamente, também é importante notar que com a diminuição do número de empresas especialistas em determinado conhecimento, maior é a concentração deste em poucas empresas, possibilitando assim maiores diferenças entre empresas e maior favorecimento das mesmas quanto à proporção da troca realizada no cluster.

A equação linear obteve maior conhecimento médio do cenário, porém ficou apenas com o segundo maior pico de conhecimento transferido, dentro deste cluster em que existem diferenças entre o número de empresas especializadas, ocorrem beneficiamentos para a equação linear, pois ela consegue aproveitar a proporção de troca em ambos os extremos, seja no início da simulação onde existem as diferenças ainda pequenas entre empresas de mesma especialização e diferenças grandes entre empresas de diferentes especializações, como também no final da simulação, onde existem aquelas empresas que alcançaram altos patamares de conhecimento e, portanto possuem pouca diferença, e aquelas empresas que se encontram ainda no meio do

processo de obtenção, desenvolvimento e geração de conhecimento, possuindo assim maiores diferenças.

A equação de Gauss não gerou resultados positivos para as empresas neste cenário, alcançando um patamar de quase 63 pontos médios de conhecimento, provou-se fraca quando inserida em um cluster onde há diferenciação de oferta e demanda de conhecimento. Entre as simulações realizadas houve o surgimento de diferentes tipos de comportamento, pela primeira vez, com estas variáveis estabelecidas, o cluster encerrou todas as trocas entre as empresas no ciclo 230 e permaneceu com os níveis de conhecimento decrescendo até o ciclo 500.

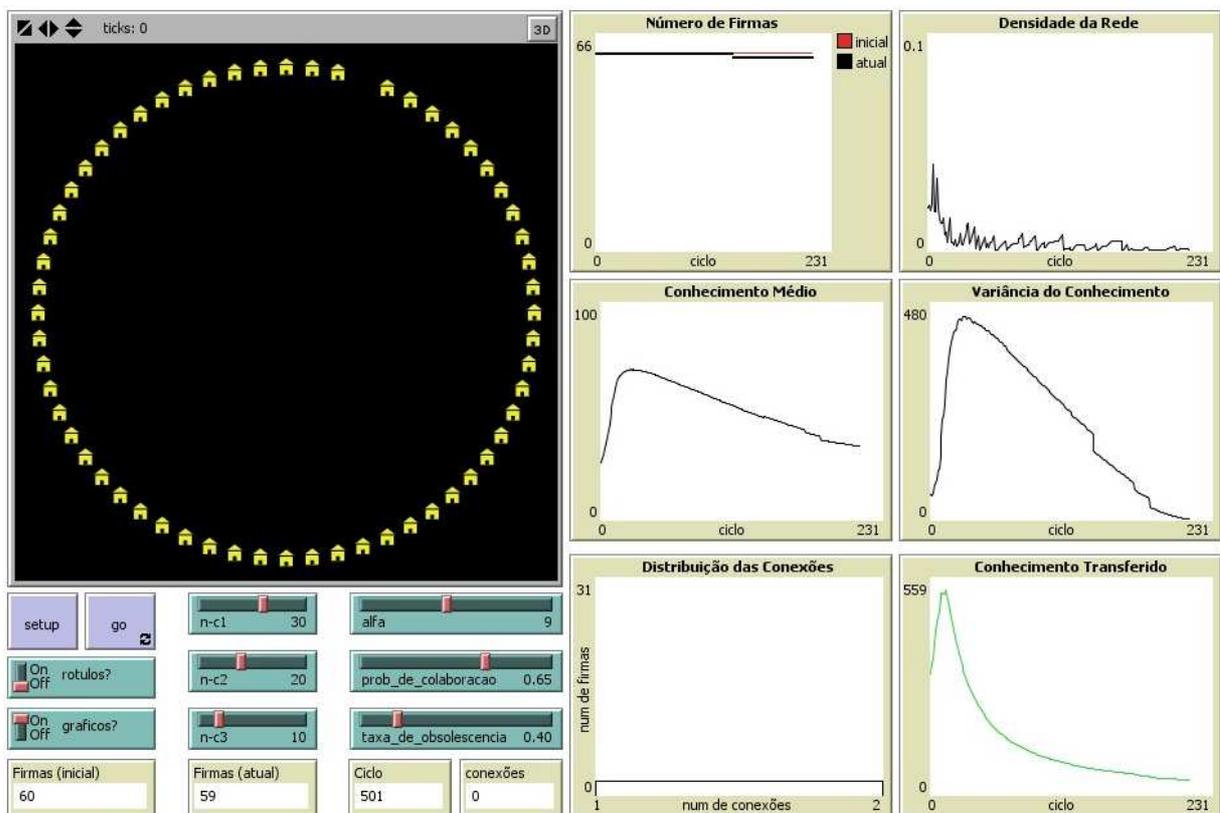


Figura (6) – Simulação onde as trocas de conhecimento foram suspensas

Com a grande oferta de conhecimento c1 no cluster e as proporções de trocas de conhecimento próximas a um resultaram na mudança da grande maioria das outras empresas especializadas em c2 e c3 para especialização c1, dessa forma, o cluster já não possuía mais conhecimento c1 para ser trocado ou desenvolvido, diminuindo a variância de conhecimento entre as empresas assim como o conhecimento transferido. A falta de empresas especialistas em c2 e c3 impossibilitou a construção de ambos os conhecimentos pelo cluster no geral o que

contribuiu para baixar a média de conhecimento total das empresas que por sua vez baixou o conhecimento médio do cluster. Nota-se que a grande oferta de um conhecimento aliada a possibilidade de mudança de especialização por parte das empresas põe em risco a existência do cluster.

Outro comportamento curioso ocorrido no cenário aconteceu devido à formação de um polo de conhecimento c2 detentor de ligações com todas as outras empresas no cluster.

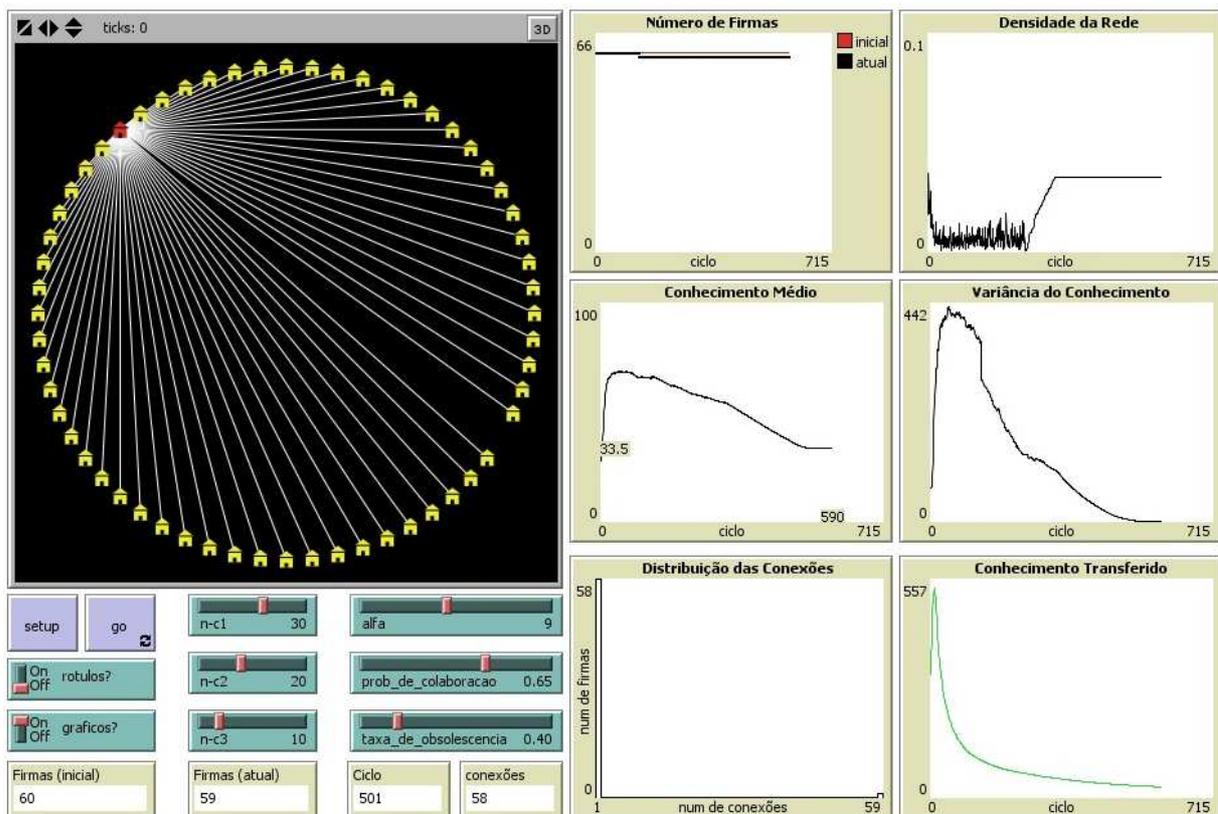


Figura (7) – Formação de um polo de conhecimento c2

Como é possível perceber pela imagem acima, a distribuição das conexões revela 58 firmas com uma conexão e apenas uma com 59 ligações, ou seja, a empresa vermelha possui um altíssimo nível de especialização em c2 e por isso se tornou um monopólio de conhecimento onde as outras firmas ou empresas irão buscar realizar trocas que gerarão um alto grau de conhecimento nos ciclos futuros. Situações como esta relatada acima, em que há o surgimento de uma ou mais empresas especializadas em um conhecimento diferente de c1 e, que ao mesmo tempo, possuem uma grande quantidade de ligações com o resto dos integrantes do cluster, se mostraram muito comuns.

Cenário 3

O propósito do cenário 3 é entender como um cluster se comportaria em uma situação onde dois tipos de conhecimento possuem o mesmo nível de oferta e um terceiro conhecimento possuído apenas por uma empresa (monopólio), ou seja, dentro do cluster existirão 30 firmas especialistas em c1, 30 especialistas em c2 e apenas 1 especialista em c3, as demais variáveis continuam as mesmas dos outros 2 cenários. Os resultados mostrarão qual tipo de equação de conhecimento melhor se adapta e desenvolve conhecimento, assim como os comportamentos das empresas em relação à existência de um monopólio de conhecimento. Os resultados coletados seguem abaixo:

	Conhecimento Médio	Conhecimento Transferido	Firmas excluídas	Conexões
Sigmoidal	36,12	212	3	787
Linear	36,07	240	2	758
Gauss	38,24	500	4	459

É possível perceber que o conhecimento médio alcançado pelo cluster com as diferentes equações de troca estão muito próximos e ao mesmo tempo muito baixos, porém, o cluster mostrou-se na maioria das vezes bastante estável e produziu simulações que estabilizavam-se por volta de 400 ciclos e após esta etapa, percebia-se um aumento muito alto na densidade da rede, prova é o número de ligações registrado no ciclo 500, todos são muito acima do que os números registrados nos outros cenários.

Na figura 8, logo abaixo, é apresentada uma simulação estável após o ciclo 400, note que o crescimento da densidade da rede durante a simulação é extremamente variável, com períodos de muitas conexões seguidos de grandes quedas, a explicação provável para esse comportamento é o fato das empresas coletarem todo o conhecimento de suas parceiras e em seguida, ao mesmo tempo, todas refazem suas ligações com outras empresas para manter a taxa de crescimento constante. Outro fato interessante é notar que próximo à empresa azul (especialista em c3), há uma maior densidade de ligações, ou seja, há uma concentração de linhas brancas tão grande que fica difícil a visualização fundo preto do cenário, esse fato se deve às empresas estarem buscando constantemente o conhecimento c3 da única fonte existente.

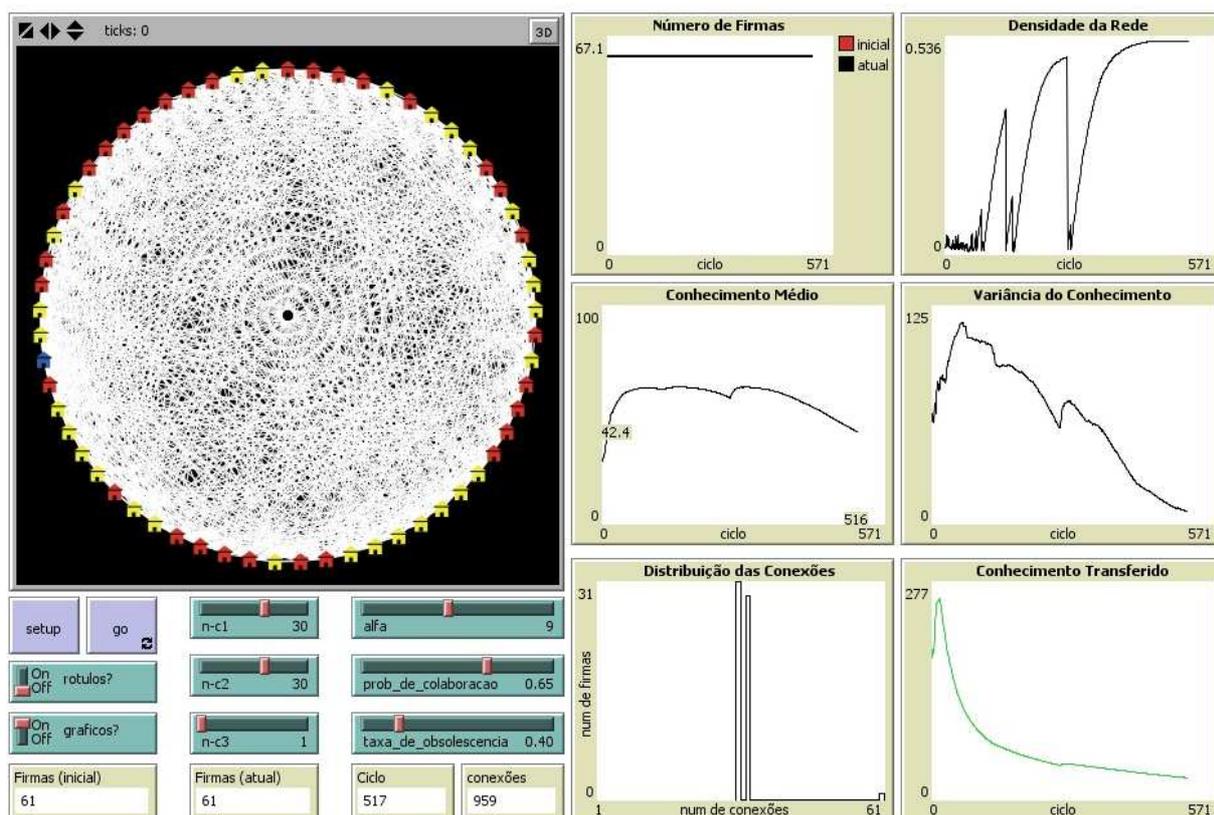


Figura (8) – Exemplo de rede estabilizada com uma grande densidade de rede, o número de conexões realizadas se aproxima de 1000.

As equações de troca de conhecimento nesse cenário se comportaram de forma muito semelhante, produzindo um conhecimento médio e número de conexões parecido, tanto que diferenciar seus resultados não faz muito sentido; porém, uma diferença pôde ser encontrada em relação ao comportamento da empresa azul nos clusters estudados. Em algumas simulações a empresa azul desaparecia logo no começo, deixando apenas as empresas amarelas e vermelhas trocando entre si, abaixo segue um gráfico comparando as 3 equações quanto ao numero de vezes em que a empresa azul esteve presente até o final do ciclo 500 ou desapareceu durante os ciclos.

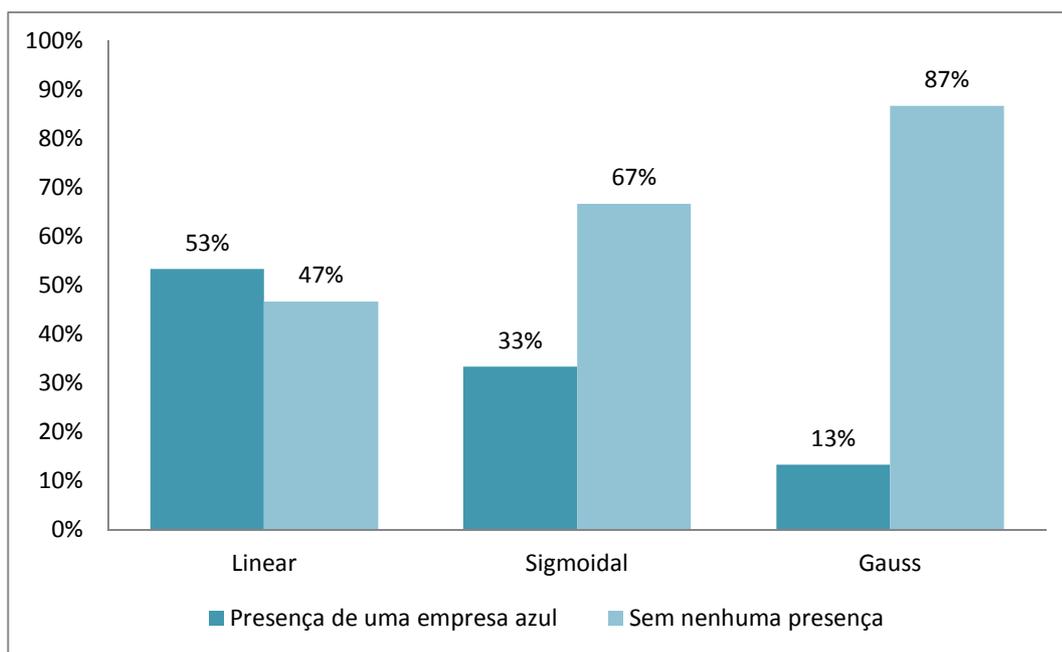


Gráfico (4) – Comparação entre as 3 equações de troca de conhecimento quanto a presença ou não da empresa azul ao final da simulação.

Como é possível perceber, a equação linear foi aquela em que mais se observou a presença da empresa azul durante toda a simulação, esse fato pode ser explicado pela forma como as empresas ganham conhecimento em suas trocas seguindo a equação linear, ou seja, a equação linear possibilita que as empresas troquem inicialmente uma boa quantidade de conhecimento c_3 devido à diferença de 70 pontos entre a empresa azul e as demais amarelas e vermelhas (azul inicia suas atividades com 80 pontos em c_3 e as demais empresas com 10 pontos em c_3) e ao mesmo tempo faz com que empresas de mesma especialidade, devido ao gap de conhecimento pequeno, troquem pouco, fazendo possível com que todas as empresas cresçam seus conhecimentos c_3 rapidamente e criem dessa forma, uma demanda constante por mais conhecimento c_3 dando assim um papel fundamental para a empresa azul e ao mesmo tempo não se distanciam da empresa azul tanto em relação aos seus conhecimentos médios totais.

A equação sigmoidal segue a ideia acima, porém se mostrou menos pronta para inserir uma empresa monopólio de conhecimento no cluster, em apenas 33% das vezes foi possível encontrar a empresa azul ao final da simulação, ainda assim vale lembrar que todas as vezes em que a empresa se mostrava presente no cluster, era formado uma grande concentração de ligações em torno da mesma.

Por fim temos a equação de Gauss que apresentou apenas 13% das vezes a presença da empresa azul nas simulações realizadas, esse fato ocorre devido à proporção de conhecimento transferida pela troca entre as empresas, por ser praticamente irrelevante a diferença entre conhecimento necessária para alcançar uma proporção próxima a um, as empresas especializadas em c1 e c2 abriam uma grande diferença de conhecimento entre elas e a empresa azul que por sua vez, ficava sem vantagens competitivas que atraíssem as demais participantes do cenário a realizar trocas, pois já se encontravam em um nível bastante elevado de conhecimento, sendo assim, nada restava à empresa senão a falência.

Cenário 4

O cenário 4 tem como objetivo estudar ainda mais a fundo o comportamento do cluster ao se deparar com questões de monopólio, sendo assim, a situação proposta incluiu não um mas dois conhecimentos sob questões de monopólio, ou seja, para esse cenário temos 30 empresas especialistas em c1, uma empresa especialista em c2 e uma especialista em c3. O objetivo deste ultimo cenário é entender como o cluster reage a pouca oferta de dois conhecimentos no mercado, se as empresas amarelas priorizam os monopólios em busca dos conhecimentos específicos ou apenas realizam as trocas de conhecimento de sua especialidade deixando os monopólios saírem do cluster. Os resultados coletados se encontram na tabela abaixo:

	Conhecimento Médio	Conhecimento Transferido	Firmas excluídas	Conexões
Sigmoidal	32,95	33	4	37
Linear	31,83	42	4	16
Normal	29,09	69	5	6

Os resultados acima mostram que o conhecimento médio do cluster está bem próximo àquele visto no cenário 3, a faixa de conhecimento se mostrou baixa e os picos de conhecimento alcançado nas simulações foram os menores entre todos os cenários, também é importante perceber que o numero de firmas excluídas, aquelas que deixaram o cluster por algum motivo, é bem mais alto do que os dados coletados dos outros cenários.

A ocorrência dos altos números de empresas excluídas se explica pela baixa estabilidade alcançada no cluster, ou seja, em boa parte das simulações, as empresas monopólio saíam do cluster e logo em seguida, todas as outras empresas, maioria especializada em c1, encerravam suas trocas de conhecimento, parando a simulação. Porém, quando o cluster conseguia se estabilizar em determinada simulação, era claramente visível a formação de concentrações de ligações sobre as empresas monopólio. Abaixo segue um gráfico comparando o comportamento das empresas monopólio nos clusters das diferentes equações estudadas pelo modelo, no gráfico existem as porcentagens de presença das duas empresas monopólio ao final do ciclo 500, presença de apenas uma das duas empresas monopólio no ciclo 500 e por fim, a não presença de ambas as empresas no ciclo 500.

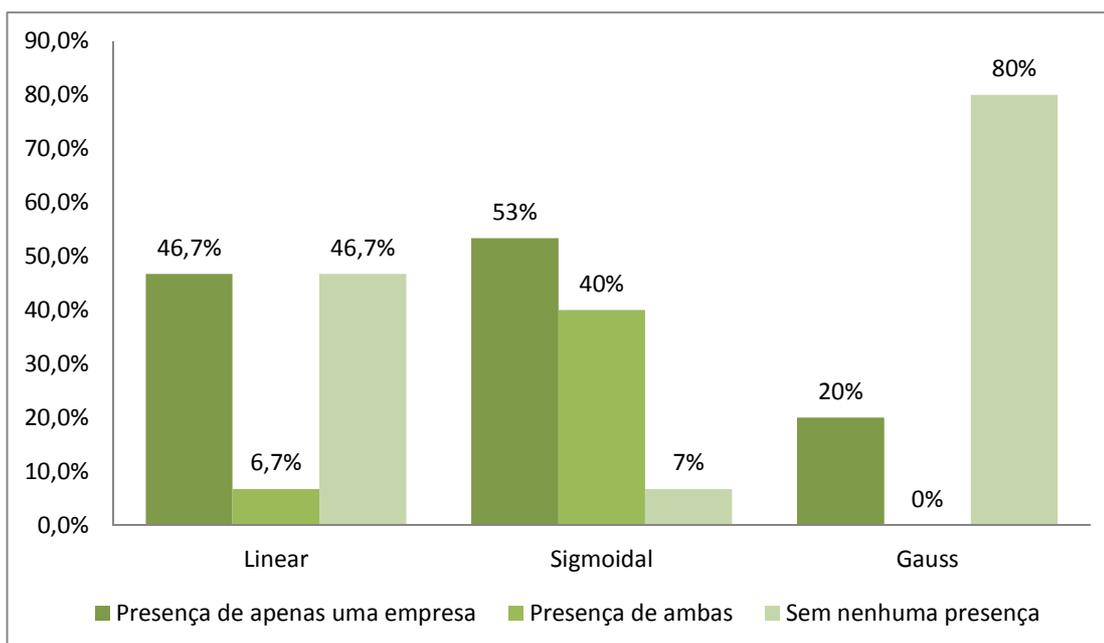


Gráfico (5) – Comparação entre as três equações do modelo quanto às presenças das empresas monopólio de conhecimento ao final das simulações

Como pode-se perceber, as equações linear, sigmoial e normal provocaram diferentes comportamentos no cluster, a maior estabilidade alcançada pelas simulações foi através da equação sigmoial, nela foi possível perceber a formação de concentração de trocas sobre uma ou duas empresas monopólio, já a equação linear obteve uma grande porcentagem de simulações cuja presença ao final do ciclo 500 era apenas com uma empresa monopólio e, quanto a equação de Gauss, podemos dizer que as simulações foram como grande maioria falhas em encontrar a presença de concentração de trocas de conhecimento com empresas monopólio de conhecimento, apenas 20% delas conseguiram estabilizar o cluster com uma empresa e em nenhuma simulação fora encontrada a presença de ambas as empresas, azul e vermelha, atuando ao mesmo tempo.

Abaixo seguem ilustrações para os comportamentos encontrados pelas equações lineares e sigmoidal.

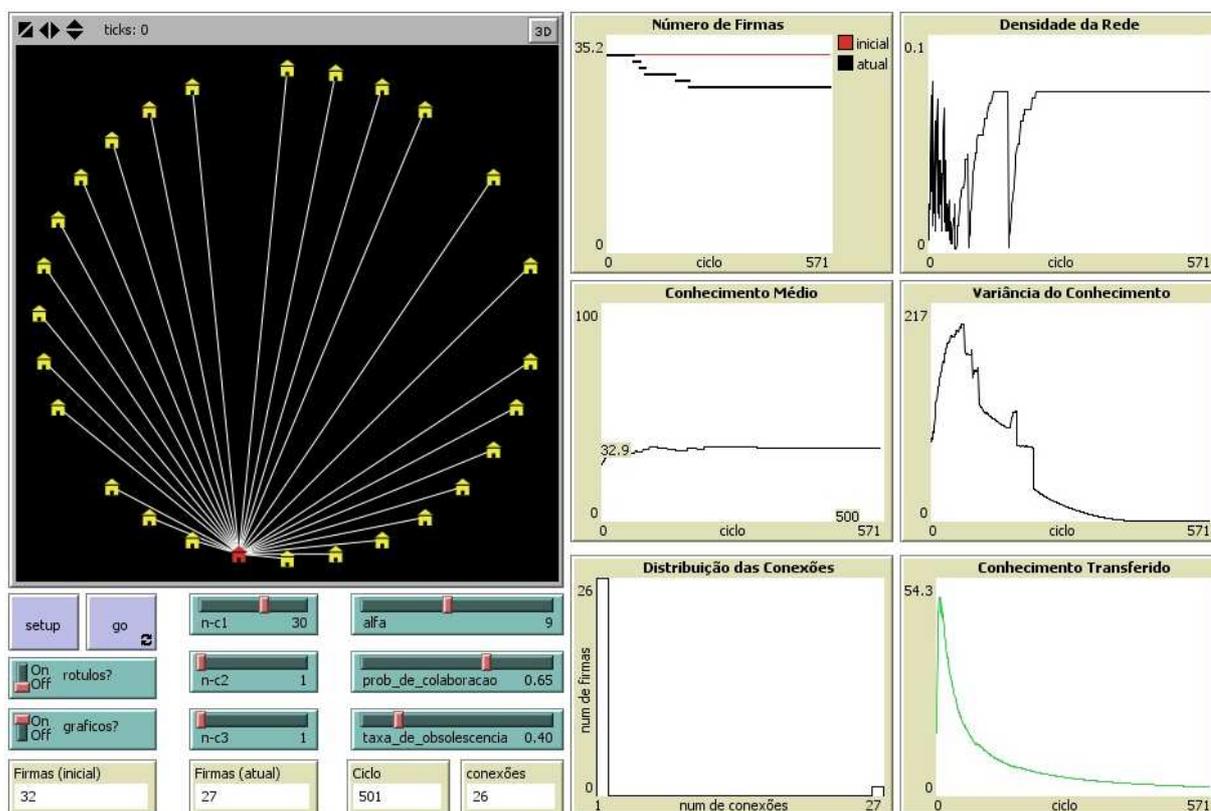


Figura (10) – Exemplo de um cluster com concentração de ligações sob a empresa vermelha, especialista em c2, em uma simulação com a função linear.

Nota-se nessa simulação que o pico de conhecimento transferido é muito baixo em comparação com aqueles encontrados nos demais cenários e o conhecimento médio atinge 33 pontos, mesmo assim, as empresas são capazes de formar e desenvolver um cluster estabilizado com uma relação clara de busca pelo conhecimento monopolizado. Esse comportamento foi identificado várias vezes durante as simulações realizadas.

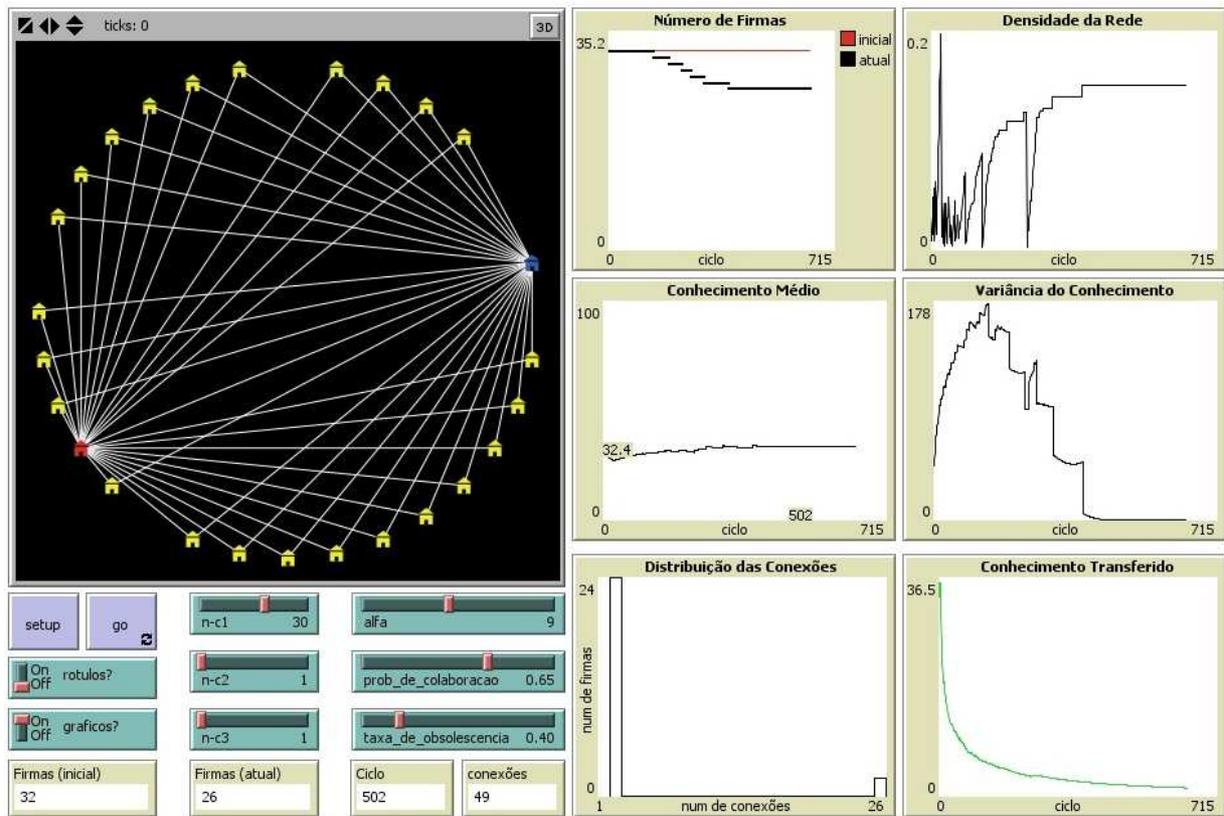


Figura (11) – Exemplo de um cluster com concentração de ligações na empresa vermelha e azul, especialistas em c2 e c3 respectivamente, em uma simulação com a função sigmoideal.

Esse foi outro comportamento bastante encontrado nas simulações, principalmente com a equação sigmoideal, a rede se mostra bastante estável e homogênea, porém, com um conhecimento médio muito baixo. Note que as empresas monopólio realizam trocas de conhecimento com todas as amarelas simultaneamente e ao mesmo tempo realizam trocas entre si também buscando cada uma o conhecimento monopolizado da outra.

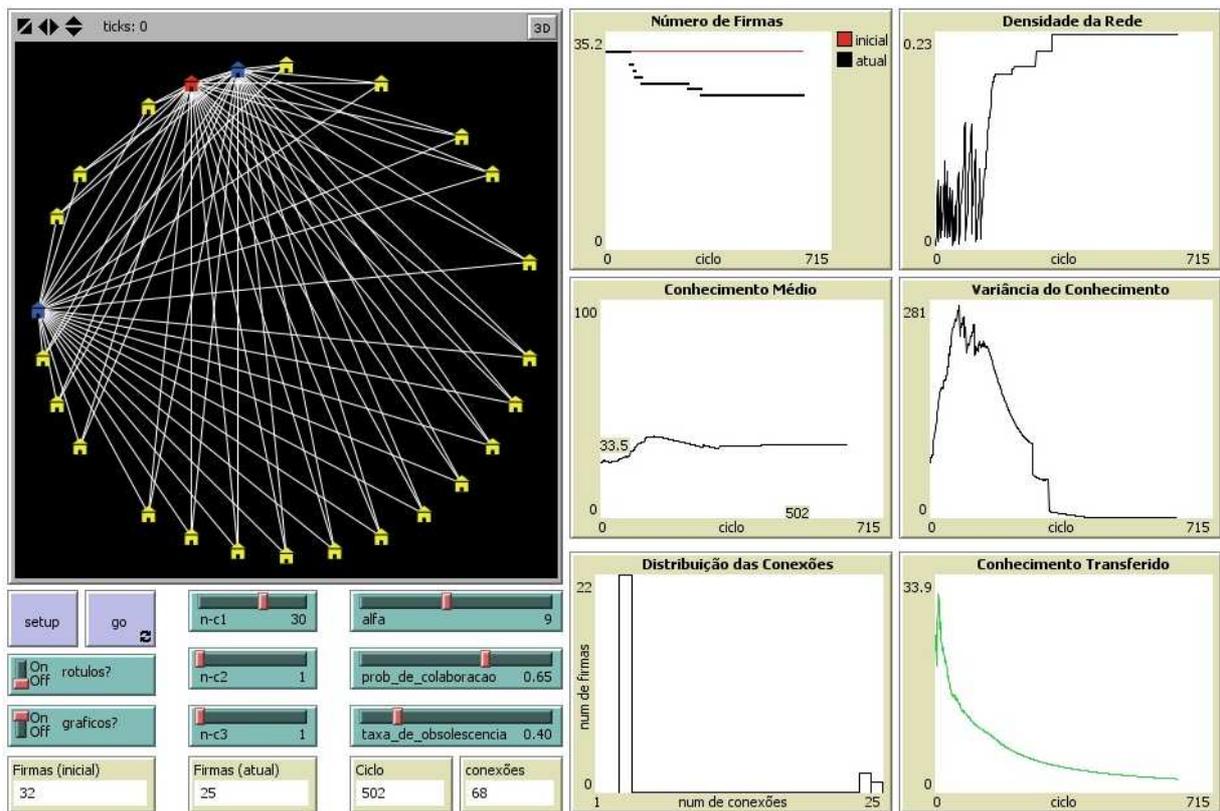


Figura (12) – Exemplo de cluster com concentração de ligações nas empresas monopólio, a simulação ocorreu também com uma função sigmoidal.

Por fim temos a curiosa situação encontrada acima durante a simulação com uma equação sigmoidal, é possível notar que não há uma, mas sim duas empresas azuis dentro do cluster, ou seja, alguma empresa amarela realizou uma grande quantidade de trocas de conhecimento com a empresa azul de monopólio c3 que a fez mudar de especialização, essa mudança a tornou especialista também em conhecimento c3 e não mais c1 como inicialmente fora proposto pelo modelo, como agora a empresa passa a possuir especialização em um conhecimento de pouca oferta, é formada uma concentração de ligações também sobre ela, o momento em que ocorreu a mudança de especialização pela empresa pode ser acompanhado pela leve alta de conhecimento médio registrada na figura acima, ou seja, ao entrar uma nova empresa com conhecimento específico em falta no cluster gera um numero maior de possibilidades de troca entre as empresas fazendo com que o conhecimento das mesmas na determinada especialização também aumente.

Resultados adicionais

Além dos resultados encontrados com o estudo dos cenários, também foi possível pela parte do orientando encontrar outros resultados para outras variáveis inseridas nas simulações de clusters. Após algumas simulações com diferentes variáveis foi possível perceber a existência de comportamentos que o cluster toma para uma melhor construção de conhecimento. Um fato muito interessante foi o de que quanto maior for o nível de obsolescência do cluster, mais trocas o sistema produz para tentar contrastar a perda iminente de conhecimento, esse efeito ocorre devido a grande flexibilidade do cluster que permite as firmas se adaptar as mudanças de forma mais eficiente, essa reação por meio de reconfigurações das redes, segundo Porter, é uma das principais características que o um cluster industrial possui. Tratando-se ainda sobre o nível de obsolescência, podemos destacar outro ponto importante, quando o nível de obsolescência é igual a um, todas as empresas do cluster desaparecem, pois não conseguem aprender o suficiente para sobreviver e vão à falência.

As empresas que começam primeiro a criar ligações são as que se tornam líderes de conhecimento mais a frente, participando do maior numero de ligações possíveis, esse evento ocorre devido à rede “*scale-free*” do sistema, no começo as distribuições de conexões seguem uma curva de Gauss onde todas possuem mais ou menos o mesmo número de ligações, porém, já mais a frente, o sistema se mostra *scale-free* e há o surgimento de empresas-hub cujo número de conexões e conhecimento são mais elevados em comparação ao resto das empresas.

Devido ao grau mais elevado de conhecimento, as empresas hub podem negociar com qualquer outra empresa do cluster e todas as empresas buscam interações com estas para conseguirem uma troca de conhecimento mais rica. Uma reação do cluster que se mostrou interessante foi quanto à necessidade de uniformidade entre as empresas especializadas, esse fato é uma das explicações para incapacidade de inovação dentro das redes de conhecimento entre empresas, por estarem fortemente interdependentes, as empresas se deparam tanto com a facilidade em reagir às mudanças do mercado devido a grande flexibilidade que possuem, como também, dentro de um sistema onde empresas de baixo desempenho se tornam grandes obstáculos para um maior desenvolvimento das grandes empresas em um mesmo cluster.

Conclusão

A conclusão da pesquisa é extremamente satisfatória, muitas etapas foram realizadas e concluídas assim como planejado no início da pesquisa, algumas mudanças ocorridas durante o processo, como a mudança de modelo, tornaram a discussão sobre os resultados ainda mais rica e confiável. Mudanças e desenvolvimentos ainda devem ser feitos para formar um modelo cujos resultados sejam extremamente próximos aos da realidade, porém estas serão discutidas no tópico “projetos de expansão”.

Em relação às etapas realizadas, podemos citar o sucesso em atualizar a linguagem do modelo de Lubrano e Rosário para possibilitar o bom funcionamento do mesmo no software atual do Netlogo, a possibilidade de estudar as trocas de conhecimento realizadas entre empresas em um cluster, assim como inserir a teoria das capacidades absorptivas no modelo e também nas análises dos cenários.

Também foi possível desenvolver ainda mais a habilidade de programação por parte do orientando, trazendo satisfação e motivação em todos os momentos da pesquisa onde eram solucionados problemas ou quando o programa respondia corretamente ao se inserir alguma variável ou modificação. A pesquisa serviu para assegurar que é possível e extremamente recomendável juntar todo o conhecimento e ferramentas programáveis, principalmente modelos multiagentes, para explicar e estudar teorias aprendidas no campo de administração.

Expansão do Projeto

O modelo de Figueiredo se encontra em um estado mais avançado em relação àquele relatado no meio do projeto, mas ainda faltam melhorias a serem feitas assim como implantação de mais funcionalidades e variáveis no modelo, dessa forma poderá fornecer resultados ainda mais ricos e próximos aos encontrados na realidade, algumas propostas para o modelo seguem abaixo:

- Estudar a possibilidade da inserção de centros de pesquisa (universidades, centros de pesquisa, etc.) no modelo para dinamizarem a construção de conhecimento dentro do cenário.
- Propor uma correção ou substituição para a equação de Gauss.
- Inserir “pesos” nos níveis de conhecimento, fazendo com que os agentes passem a ponderar suas trocas pelo nível do conhecimento que será adquirido e posteriormente desenvolvido com a troca realizada.
- Buscar novas equações que ajudem a aproximar o modelo da realidade
- Inserir variáveis de geo-localização para ajudar no estudo da formação de polos tecnológicos
- Encontrar forma de deixar o programa ainda mais intuitivo para os pesquisadores

Referências

- AHRWEILER, P.; PYKA, A.; GILBERT, N. Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN). 2004. World Scientific Pub Co Inc. p.284.
- ANUMBA, C. J. et al. A multi-agent system for distributed collaborative design. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 14, n. 5-6, p. 355-367, 2001.
- AXELROD, R. Advancing the art of simulation in the social sciences. **Complexity**, v. 3, n. 2, p. 16-22, 1997.
- BARTLETT, C.; GHOSHAL, S. **Managing across borders: The transnational solution**. Harvard Business Press, 1998. ISBN 0875848494.
- BERENDS, P.; ROMME, G. Simulation as a research tool in management studies. **European Management Journal**, v. 17, n. 6, p. 576-583, 1999.
- COHEN, W.; LEVINTHAL, D. Innovation and learning: the two faces of R & D. **The economic journal**, p. 569-596, 1989. ISSN 0013-0133.
- D'ASPREMONT, C.; JACQUEMIN, A. Cooperative and noncooperative R & D in duopoly with spillovers. **The American Economic Review**, v. 78, n. 5, p. 1133-1137, 1988. ISSN 0002-8282.
- DUNNING, J.; LUNDAN, S. **Multinational enterprises and the global economy**. Edward Elgar Publishing, 2008. ISBN 184376525X.
- EPSTEIN, J. M. **Generative social science: studies in agent-based computational modeling**. Princeton University Press, Princeton, 2006.
- FERBER, J. **Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence**. Addison-Wesley, Harlow, 1999.
- FIGUEIREDO, J. C. B. Planejamento orientado por cenários com o uso de modelos causais lineares e diagramas de estoque e fluxo. **Revista Produção Online**, v. 9, n. 2, 2009.
- FIGUEIREDO, J. C. B. Uso de Simulação Baseada em Agentes no Estudo da Transferência de Conhecimento em Redes: Uma Abordagem Baseada nas Capacidades Absortivas. Anais do XXXVII EnANPAD, Rio de Janeiro. No prelo 2013.
- GILBERT, G.; TROITZSCH, K. **Simulation for the social scientist**. Open Univ Pr, 2005. ISBN 0335216005.
- GUPTA, A.; GOVINDARAJAN, V. Knowledge flows within multinational corporations. **Strategic Management Journal**, v. 21, n. 4, p. 473-496, 2000. ISSN 1097-0266.
- HEDLUND, G. The hypermodern MNC—A heterarchy? **Human Resource Management**, v. 25, n. 1, p. 9-35, 1986. ISSN 1099-050X.
- HOLM, U.; PEDERSEN, T. **The emergence and impact of MNC centres of excellence: a subsidiary perspective**. Macmillan, 1999. ISBN 0333752376.
- INKPEN, A. Learning and knowledge acquisition through international strategic alliances. **The Academy of Management Executive (1993-2005)**, v. 12, n. 4, p. 69-80, 1998. ISSN 1079-5545.
- JENNINGS, N. R.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. A Roadmap of Agent Research and Development. **Autonomous Agents and Multi-Agent Systems**, v. 1, n. 1, p. 7-38, 1998.
- JUDD, K. L.; TEFATSION, L.; HARRINGTON, J. E. Agent-Based Models of Organizations Handbook of Computational Economics II : Agent-Based Computational Economics. In: (Ed.), v.7600, 2005.

- LAVADERA, L.; ROSARIO, D. Cluster. p. Model is to study the dynamics of learning processes within industrial clusters, in relation to the structural properties of network relations, 2007. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/community/Cluster>>. Acesso em: 29/08/2012.
- LYLES, M.; SALK, J. Knowledge acquisition from foreign parents in international joint ventures: an empirical examination in the Hungarian context. **Journal of International Business Studies**, v. 38, n. 1, p. 3-18, 2006. ISSN 0047-2506.
- NOOTEBOOM, B. Learning by interaction: absorptive capacity, cognitive distance and governance. **Journal of Management and Governance**, v. 4, n. 1, p. 69-92, 2000. ISSN 1385-3457.
- PORTER, M. *Competitive Advantages of Nations*. Em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cluster_industrial> Acesso em: 23 de novembro de 2012
- PYKA, A. Innovation networks in economics: from the incentive-based to the knowledge-based approaches. **European Journal of Innovation Management**, v. 5, n. 3, p. 152-163, 2002. ISSN 1460-1060.
- PYKA, A.; FAGIOLO, G. Agent-based modelling: A methodology for neo-schumpeterian economics. **The Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics**. Cheltenham, Edward Elgar Publishers, 2005.
- STERMAN, J. **Business Dynamics**. McGraw-Hill, Inc. New York, NY, USA, 2000.
- TESFATSION, L. Introduction to the special issue on agent-based computational economics. **Journal of economic Dynamics and Control**, v. 25, n. 3-4, p. 281-293, 2001. ISSN 0165-1889.
- TISUE, S.; WILENSKY, U. NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity. **International Conference on Complex Systems**, 2004.
- WEISS, G. **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence**. MIT Press, 1999.
- ZANDER, I. How do you mean global'? An empirical investigation of innovation networks in the multinational corporation. *Research Policy*, v. 28, n. 2-3, p. 195-213, 1999. ISSN 0048-7333.

Apêndice A - cronograma de trabalho

Atividade	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Desenvolvimento Conceitual e Aprendizado	■	■	■	■								
Desenvolvimento da base de modelos (Programação)				■	■	■	■	■				
Análise dos Resultados (Estudos e Alterações)								■	■	■	■	
Preparação do Relatório Final											■	■