

Análise das Estratégias de Investimentos em P&D nas Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação à Luz da Teoria dos Jogos: o caso do Instituto Titan, em Fortaleza-CE.

Autoria: Rodrigo Santos de Melo, Samuel Façanha Câmara, Alexandre Gomes Galindo, Emílio Capelo Júnior, Carlos Artur Sobreira Rocha

RESUMO

A adoção de estratégias cooperativas firma-se no propósito da conquista de vantagens competitivas pela diminuição do risco intrínseco ao negócio através da colaboração e da competição simultânea. A hipótese defendida na pesquisa é que no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação Cearense ao adotar estratégias cooperativas torna-se a opção mais racional, pois elimina-se possíveis *free-rides*, minimizam-se os gastos individuais em P&D e maximizam-se os ganhos decorrentes do mercado. Os modelos propostos no trabalho baseiam-se em estratégias competitivas e cooperativas para testar a reação das empresas em diferentes cenários levando-se em consideração as externalidades, variabilidades, custo de pesquisa e desenvolvimento (P&D). A pesquisa é caracterizada como experimental em ambiente computacional. Os dados foram coletados através da aplicação de questionário junto a 23 empresas de TIC no Ceará. Os resultados da pesquisa confirmaram a hipótese de que em cenário de alta externalidade e alta variabilidade, a melhor opção é adotar estratégias colaborativas, como forma de reduzir o risco de traição por uma das empresas inseridas no Instituto.

Introdução

As mudanças ocorridas no cenário mundial nas últimas décadas provocaram alterações drásticas na estrutura organizacional das empresas. Não são raras as empresas que procuram investir em departamentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) objetivando alcançar inovações de produtos e/ou processos necessários ao crescimento econômico. As inovações são motivadas pela percepção de atividades inexploradas pelo mercado visando retornos econômicos, o que normalmente ocorre nas empresas através do trabalho rotineiro de P&D empreendido no processo inovador (BASTOS, 2004).

A necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), especialmente nas áreas de tecnologia da informação e comunicação (TIC), deve-se, principalmente, à internacionalização dos mercados e à rápida velocidade com que novas tecnologias são criadas. Como resposta a estas necessidades do mercado, a área de P&D no Brasil toma um impulso em relação às demandas por tecnologias atuais, potenciais e futuras (CARRARO, 1997).

Zawislak (1996) aponta a cooperação tecnológica como um redutor para as dificuldades de adequação tecnológica, pois através da cooperação se reduzem os custos de transação relativos ao processo de inovação tecnológica, aumentando a eficiência econômica e, por consequência, a competitividade.

Existem dois principais fatores que geralmente levam as empresas de TIC a adotar alianças estratégicas em pesquisa e desenvolvimento (P&D): a junção de habilidades específicas e a diminuição dos custos e riscos inerentes à pesquisa. Lewis (1992) considera que, dependendo das competências estratégicas das empresas, a cooperação pode levar ou não a desempenhos melhores, mas a adoção de estratégias cooperativas leva as empresas de TIC a oferecer produtos e serviços com os quais não se arriscariam sozinhas, devido ao orçamento elevado em pesquisas que envolvam alta tecnologia.

Garcias (2001), ao desenvolver estudos sobre a formação de alianças estratégicas, apresenta uma série de fatores restritivos, capazes de proporcionar o insucesso do grupo, como a lentidão no processo de decisão, dificuldades de harmonizar competitividade e

cooperação na produção de bens coletivos exclusivos e de estabelecer mecanismos adequados de incentivo e controle, possibilidade de formação de subgrupos de interesse, tendência de diminuir o tamanho do grupo para a produção dos bens exclusivos, complexidade do arranjo organizacional e do sistema de contratos, limitações de um sistema de comando disperso, dificuldades de desmembramento de investimento fixo de grande monta e certas externalidades, como o comportamento oportunista dos agentes e o problema do *free-rider* (membro do grupo que está interessado nos benefícios, mas evita participar dos custos) no caso da oferta de bens e serviços inclusivos.

Hitt (2005) acrescenta a importância da escolha do sócio quando se buscam estratégias cooperativas. Em uma aliança, é importante entender a intenção estratégica do sócio – em alianças complementares horizontais, por exemplo, o sócio pode estar interessado apenas em obter o conhecimento necessário sobre uma tecnologia, para em seguida tornar-se um concorrente potencial daquele de quem obteve o *insight* necessário para utilizar a tecnologia de maneira bem sucedida.

Dixit e Nalebuff (1994), Chatterjee (2006) e Gemawat (2000) apontam a teoria dos jogos como uma metodologia capaz de compreender decisões que envolvam a possibilidade de adoção de estratégias cooperativas ou não. Possas (2002) acrescenta que, para tratar teórica e analiticamente comportamentos estratégicos, deve-se utilizar a teoria dos jogos, desde que haja o conceito de racionalidade substantiva (maximização de ganhos) e a incerteza seja em relação às reações dos rivais, quando sob informação incompleta.

Em relação ao Ceará, um grupo de gestores de empresas locais da área de TIC se organizou em torno de um instituto, chamado Instituto Titan, objetivando alavancar o setor de TIC no Ceará.

Em função do exposto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: como se dão as decisões de investimentos em P&D das empresas associadas ao Instituto Titan através da formação de estratégias cooperativas?

O objetivo geral deste trabalho é analisar as decisões das empresas de TIC no Ceará, no tocante a investimentos em pesquisa e desenvolvimento, considerando a possibilidade da geração de externalidades.

Com relação à hipótese, sugere-se que, em um duopólio e havendo a possibilidade de geração de externalidades pela perseguição de inovação através do investimento em P&D, adotar estratégias cooperativas torna-se a opção mais racional.

Para confirmar esta hipótese, utilizam-se o instrumental teórico da Teoria dos Jogos e o Modelo de D'Aspremont e Jacquemin (1988) baseado em Cournot, mas que introduziu a questão das externalidades ao modelo original.

O trabalho está estruturado em quatro seções, incluindo-se esta primeira, de caráter introdutório. Na segunda parte do trabalho apresenta-se o instrumental oferecido pela teoria dos jogos como a solução estratégica para se analisar o comportamento das firmas envolvidas.

A terceira parte será dedicada aos procedimentos metodológicos, adotando-se uma abordagem probabilística, com simulação de quatro cenários – baixa externalidade e baixa variabilidade; baixa externalidade e alta variabilidade; alta externalidade e baixa variabilidade; e alta externalidade e alta variabilidade – e a utilização dos *softwares* Microsoft Excel e Stella.

Ao final, apresentam-se os resultados obtidos na pesquisa através da simulação, dos questionários e as conclusões do trabalho.

2. Teoria dos Jogos

Para GIBBONS (1992), teoria de jogo é o estudo de problemas que envolvem decisões entre dois ou mais jogadores, apreciada extensamente, por exemplo, no estudo dos

oligopólios, onde cada firma considerará a decisão das outras empresas na sua tomada de decisão.

2.1 Jogos como Análise Estratégica

Fiani (2004) descreve, a seguir, alguns elementos que devem ser mais bem analisados para a melhor compreensão do conceito de um jogo.

- Um jogo é um modelo formal, pois existem regras preestabelecidas para apresentar e estudar um jogo.
- Interações. Significa que existe uma ação recíproca entre os participantes do jogo.
- Atores. Um ator é qualquer indivíduo, ou grupo de indivíduos, envolvido no processo de interação estratégica.
- Racionalidade.

Diz-se que é substancialmente racional todo ato intrinsecamente racional e inteligente, que se baseia num conhecimento lúcido e autônomo de relações entre fatos. É um ato que atesta a transcendência do ser humano, sua qualidade de criatura dotada de razão. (Guerreiro Ramos, 1966, p. 52)

- Comportamento estratégico. Entende-se que cada jogador, ao tomar sua própria decisão, leva em consideração o fato de que os jogadores interagem entre si e que, portanto, sua decisão terá conseqüências sobre os demais jogadores, assim como as decisões dos outros jogadores terão conseqüências sobre ele.

Em termos matemáticos, a teoria dos jogos tem os seguintes elementos básicos:

- Um conjunto finito de jogadores representados por $G = \{g_1, g_2, \dots, g_n\}$
- Um conjunto finito de estratégias puras $S_i = \{s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im_i}\}$ do jogador g_i ;
- Uma função utilidade $u_i: S \rightarrow R$

$$s \rightarrow u_i(s)$$

2.2 A Questão das Externalidades

D'Aspremont e Jacquemin (1988) desenvolveram um modelo, baseado em Cournot, que acrescenta a questão das externalidades ao modelo original. Trata-se de um duopólio, onde as empresas decidem simultaneamente qual quantidade produzir baseadas na percepção de quanto a sua respectiva concorrente produz. As empresas analisadas desenvolvem produtos homogêneos e disputam o mesmo mercado.

Este modelo analisa dois estágios (P&D e produção) e três diferentes jogos: não-cooperação em ambos, produção e P&D; não-cooperação na produção e cooperação em P&D; e cooperação em P&D e produção. As estratégias das empresas dependem do nível de pesquisa e subsequente estratégia de produção baseada nas suas escolhas de P&D.

Utiliza-se no modelo a função da demanda inversa, $D^{-1}(Q)$, onde $Q = (q_a + q_b)$, pois, no Modelo de Cournot, pressupõe-se que a quantidade produzida determina o preço. A função da demanda inversa é determinada por:

$$P(q_a, q_b) = a - b(q_a + q_b), \quad (1)$$

tal que $a, b > 0$ e $q_1 + q_2 \leq \frac{a}{b}$.

Nesta função de demanda inversa, p representa o preço, q_a e q_b são as quantidades totais produzidas pela Empresa A e pela Empresa B, respectivamente, a representa a parcela do preço que independe das quantidades produzidas e b , a inclinação da função demanda linear.

Cada empresa tem um custo de produção $C_a(q_a, x_a, x_b)$. O custo de a é determinado pela função:

$$C_a(q_a, x_a, x_b) = [A - x_a - \beta x_b] q_a, \quad a = 1, 2, \quad a \neq b, \quad (2)$$

onde, $0 < A < a$, $0 < \beta < 1$; $x_a - \beta x_b \leq A$; $Q \leq \frac{a}{b}$.

O gasto com pesquisa da empresa a é apresentado como x_a e o gasto da empresa b com pesquisa apresenta-se como x_b . β representa as externalidades do investimento em P&D da empresa a . Quanto maior for o investimento da firma a em P&D, menor será o seu custo de produção. O investimento em P&D da firma b também pode reduzir o custo de produção da empresa a , bastando que $\beta > 0$.

Os ganhos obtidos no duopólio através da cooperação e/ou da competição em P&D são afetados diretamente pelo β . Em um ambiente de cooperação, divisões de ganhos consideradas injustas por uma das empresas geram insatisfação e um conseqüente desestímulo ao investimento. Em um ambiente de total competição, as empresas tendem a se apropriar da pesquisa da outra empresa, dessa forma aumentando o valor de β .

As externalidades provocadas pelas empresas pesquisadas referem-se à apropriação dos ganhos decorrentes do investimento em P&D da outra empresa; portanto, $\beta = 0$ significa a total inexistência de externalidades e, em sentido contrário, o valor de $\beta = 1$ significa a total existência de externalidades.

Além da função custo de produção, apresentada anteriormente, existe um custo de cada firma associado ao seu investimento de x_i unidades em P&D. A função custo em P&D apresenta-se da seguinte forma:

$$\left(\frac{\gamma}{2}\right)x_i^2, \quad (3)$$

válido para $i = 1, 2$.

Segundo D'Aspremont (1988, p. 1134), o custo de P&D assume a função quadrática, refletindo a existência de retornos decrescentes nos gastos em P&D.

Como o modelo apresenta dois estágios, resolveremos os jogos pelo modo de indução reversa, ou seja, de trás para frente, do segundo estágio para o primeiro. No primeiro estágio, a estratégia da firma consiste na escolha de um volume de recursos para ser investido na atividade de P&D, enquanto que, no segundo estágio, cada firma deve escolher uma certa quantidade de produção baseada em sua escolha anterior.

Parte-se do pressuposto de que, no primeiro jogo, as empresas não cooperam em ambos, P&D e produção. No segundo jogo as empresas cooperam em P&D, mas concorrem na produção. No terceiro jogo, cooperam em ambos, P&D e produção.

Sabendo-se que a função lucro (π) é definida pela diferença entre a receita total (equação 1), o custo de produção (equação 2) e o custo em P&D (equação 3), pode-se obtê-la na forma a seguir:

$$\text{Max } \pi_a(q_a, q_b, x_a, x_b) = [a - b(q_a + q_b)]q_a - (A - x_a - \beta x_b)q_a - \left(\frac{\gamma}{2}\right)x_a^2 \quad (4)$$

Igualando a função a 0 e, em seguida, colocando em função de q , temos:

$$q_a = \frac{a - bq_a - A + x_a + \beta x_b}{2b}, \quad (5)$$

onde empresa $a \neq$ empresa b .

De forma semelhante obtém-se q_b , definida pela expressão a seguir:

$$q_b = \frac{a - bq_b - A + x_b + \beta x_a}{2b}, \text{ onde } a \neq b.$$

No primeiro estágio do jogo as empresas optaram por não cooperar, nem em P&D nem na produção. Aplica-se nesse primeiro momento o modelo de Cournot, pois é sabido que as empresas associadas decidem simultaneamente qual quantidade produzir.

De forma semelhante, obtém-se q_b , definida pela expressão a seguir:

$$q_b = \frac{a - A + (2 - \beta)x_b + (2\beta - 1)x_a}{3b} \quad (6)$$

Substituindo a equação 6 na equação de maximização do lucro, 4, obtém-se a expressão a seguir:

$$\text{Max} \pi_a(q_a, q_b, x_a, x_b) = \frac{[(a - A) + (2 - \beta)x_a + (2\beta - 1)x_b]}{9b} - \left(\frac{\gamma}{2}\right)x_a^2 \quad (7)$$

A função lucro neste momento vai depender do volume dos recursos de investimento em P&D. Para se obter a melhor resposta da função lucro deriva-se a equação em função de x_a e obtém-se a função de reação da firma $i - x_a^*(x_b)$, que relaciona a melhor resposta a ser adotada pela firma a à quantidade investida pela firma b em pesquisa e desenvolvimento, conforme apresentado na equação 10, a seguir.

$$x_a(x_b) = \frac{-2(2 - \beta)[(a - A) + (2\beta - 1)x_b]}{9b} \quad (8)$$

$$\frac{2(2 - \beta)^2}{9b} - \gamma$$

A solução de equilíbrio de Nash para investimento em P&D, quando há competição em ambos os estágios do jogo, é:

$$x_a^* = \frac{(a - A)(2 - \beta)}{4,5b\gamma - (2 - \beta)(1 + \beta)}, \text{ onde:} \quad (9)$$

empresa $a \neq$ empresa b .

D'Aspremont e Jacquemin (1988, p.1134) alertam para a condição de segunda ordem que é requerida para $\frac{2(2 - \beta)^2}{9b} - \gamma < 0$ ou $\frac{2}{9}(1 + \beta)^2 < b\gamma$.

Existe uma solução de equilíbrio que satisfaz as condições do primeiro jogo para a quantidade requerida, dada por:

$$Q^* = q_a^* + q_b^* = \frac{2(a - A)}{3b} + \frac{2(\beta + 1)}{3b} x_a^* = \frac{2(a - A)}{3b} \left[\frac{4,5b\gamma}{4,5b\gamma - (2 - \beta)(1 + \beta)} \right].$$

Os ganhos gerados através do investimento em P&D são encontrados pela equação:

$$\frac{1}{9b} \sum_{a=1}^2 \left\{ [(a-A) + (2-\beta)x_a + (2\beta-1)x_b]^2 - \gamma \frac{x_a^2}{2} \right\} \text{ onde:}$$

$b \neq 1$; empresa $a \neq$ empresa b .

No segundo jogo, como as empresas cooperam em P&D mas competem na produção, a equação de maximização do lucro permanece idêntica à equação (4), alterando, contudo, o problema no primeiro estágio do jogo, já que as firmas irão passar a maximizar o lucro juntas e, portanto, $\hat{\pi} = \pi_a^* + \pi_b^*$.

Na resolução do jogo, no primeiro estágio, as firmas maximizam o lucro como função de x_a e x_b , tal que:

$$\text{Max } \hat{\pi}(q_a^*, q_b^*, x_a, x_b) = \frac{1}{9b} \sum_{a=1}^2 \left\{ [(a-A) + (2-\beta)x_a + (2\beta-1)x_b]^2 - \gamma \frac{x_a^2}{2} \right\} \quad (10)$$

onde $a = 1, 2$ e $a \neq b$.

$$Q^a = \frac{2(a-A)}{3b} + \frac{2(\beta+1)}{3b} x^a = \frac{2(a-A)}{3b} \left[\frac{4,5b\gamma}{4,5b\gamma - (1+\beta)^2} \right]. \quad (11)$$

O investimento ótimo a ser efetuado na atividade de P&D por ambas (já que as firmas são simétricas) será:

$$\hat{x} = \frac{(a-A)(\beta+1)}{4,5b\gamma - (\beta+1)^2} \quad (12)$$

Segundo D'Aspremont e Jacquemin (1988, p.1134), a condição de segunda ordem é requerida para $\frac{2}{9}(1+\beta)^2 < b\gamma$.

No terceiro jogo as firmas cooperam em ambos, P&D e produção. O ganho conjunto para x_a e x_b será dado por:

$$\pi = [a - bQ]Q - AQ + (x_a + \beta x_b)q_a + (x_b + \beta x_a)q_b - \gamma \sum_{i=1}^2 \frac{x_i^2}{2} \quad (13)$$

Como $x_a = x_b = x$, a solução simétrica para $\tilde{q}_a = \tilde{q}_b$ será:

$$Q = q_a + q_b = \frac{[(a-A) + (1+\beta)x]}{2b} \quad (14)$$

No estágio atual, o lucro conjunto é dado pela equação:

$$\tilde{\pi} = \frac{1}{b} \left[\frac{a-A + (1+\beta)x}{2} \right]^2 - \gamma x^2 \quad (15)$$

A solução do equilíbrio de Nash quando há cooperação em P&D e em produção (coalizão total) apresenta-se a seguir:

$$\tilde{x} = \frac{(a - A)(1 + \beta)}{4b\gamma - (1 + \beta)^2} \quad (16)$$

$$\tilde{Q} = \frac{(a - A)}{2b} + \frac{(1 + \beta)}{2b} \cdot \tilde{x} = \frac{a - A}{2b} \left[\frac{4b\gamma}{4b\gamma - (1 + \beta)^2} \right] \quad (17)$$

3. Metodologia da Pesquisa

Para realização desta pesquisa, do ponto de vista dos objetivos, a metodologia utilizada foi do tipo exploratória, por procurar uma melhor compreensão das relações entre os gestores das empresas associadas ao Instituto Titan. De acordo com Gil (2006) as pesquisas exploratórias têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições.

A pesquisa experimental é desenvolvida em ambiente computacional, uma vez que foi determinado um objeto de estudo, as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, e definiram-se as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável pode produzir no objeto com auxílio dos *softwares* Stella e Microsoft Excel. De acordo com Fachin (2001, p. 40), no método experimental, o princípio central de sua aplicação é de que os resultados devem ser aceitos tal como se apresentem, considerando até mesmo imprevistos e acidentes e, diante dos resultados, não cabe opiniões próprias ou alheias.

O universo da pesquisa será constituída pelo Instituto Titan, bem como as 23 empresas associadas. Trata-se, portanto, de um estudo censitário, pois a amostra da população representa a totalidade das empresas que compõe o parque tecnológico.

Os dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados através de entrevista semi-estruturada e aplicação de questionários fechados. Beuren (2003) considera entrevista a técnica de coleta de dados mais apropriada para entender o sentimento das pessoas com relação a crenças e perspectivas futuras.

Com referências aos tipos de questões, opta-se por aplicar um questionário fechado, de forma a tornar mais preciso os dados das empresas dos respondentes. O questionário foi aplicado pelos pesquisadores do Laboratório de Simulação e Otimização de Empresas (LASO) nos gestores das 23 empresas associadas ao Instituto Titan no período de janeiro e fevereiro de 2007 e refere-se ao período de 2004 a 2006.

O Modelo de Cournot, essencialmente, apresenta os seguintes pressupostos básicos:

- As empresas atuam no mesmo mercado;
- O modelo aplica-se a poucas empresas;
- As empresas desenvolvem produtos homogêneos.

A justificativa para o uso do modelo de Cournot no setor estudado foi que:

- Todas as empresas associadas ao Instituto Titan atuam no mercado de TIC, na mesma região (Metropolitana de Fortaleza), desenvolvendo tecnologias voltadas para a Informação ou comunicação;
- As empresas estudadas, além de pertencerem a um universo pequeno (23) estão divididas em dois grupos, portanto a quantidade de empresas torna-se ainda menor, quando analisadas sob a perspectiva dos produtos e/ou serviços desenvolvidos;
- Existem empresas do Instituto Titan que desenvolvem produtos/serviços com graus elevados de homogeneidade, como, por exemplo, os Enterprise Resource Planning (ERP) produzidos pelas empresas Softium, Ivia e Inteq.

Inicialmente aplicaram-se os questionários para conhecer o perfil das empresas de TIC, perceber a visão da empresa relacionada ao mercado de TIC e entender o posicionamento da empresa em relação a dinâmica da cooperação em P&D, dado um determinado grau de externalidade e uma entrevista para entender os objetivos, os benefícios, os riscos e a percepção das externalidades em relação ao instituto.

Diferente das abordagens mais comumente usadas, nas quais utilizam-se dados determinísticos, na etapa seguinte trabalhou-se com dados probabilísticos. Através do *software* Stella simula-se o comportamento das empresas alterando o custo em P&D e as externalidades, incorporando variabilidade nas simulações, com o intuito de analisar como se dará o comportamento dos jogadores com a mudança dos parâmetros.

Adotando sugestão de Henriques (2001) utiliza-se o intercepto vertical $(a) = 10$, a inclinação da reta representada por $(b) = 1$. O custo em P&D representado por $\left(\frac{\gamma}{2}\right)x_i^2$ sendo $\gamma = 5$. As externalidades (β) e o custo varável (A) são parâmetros de simulação. Conforme sugestão de Henriques (2001), adota-se $\beta = 0,1$ para representar baixa ocorrência de externalidades e $\beta = 0,90$ representa a existência de um alto índice de externalidades. Dado as variáveis simulam-se situações de competição, cooperação e coalizão, conforme o modelo de Cournot, e encontram-se o investimento em P&D (x^*), a quantidade produzida (q^*) e o lucro obtido (π^*) caso seja adotada uma estratégia de competição entre as empresas, o investimento em P&D (x^{\wedge}), a quantidade produzida (q^{\wedge}) e o lucro obtido (π^{\wedge}) se forem adotadas estratégias que envolvam competição e cooperação e o investimento em P&D (x^{\sim}), a quantidade produzida (q^{\sim}) e o lucro obtido (π^{\sim}) caso as empresas optem por adotar uma estratégia de cooperação total.

4. Resultados da Simulação

4.1 Competição

Nesta etapa do trabalho, apresentam-se os resultados da simulação considerando o estágio de competição entre as empresas nos seguintes parâmetros de simulação: $\beta = normal(0,1; 0,06)$ e $A = normal(7; 0,35)$, ou seja, um cenário de baixa externalidade (0,1) e alta variabilidade (1 desvio-padrão representa 60% da média) e $\beta = normal(0,1; 0,005)$ e $A = normal(7; 0,35)$, ou seja, um cenário de baixa externalidade (0,1) e baixa variabilidade (1 desvio-padrão representa 5% da média). Em seguida, considerando a existência de uma maior externalidade, adotam-se como parâmetros de simulação: $\beta = normal(0,90; 0,54)$ e $A = normal(7; 0,35)$, ou seja, um cenário de alta externalidade (0,9) e alta variabilidade (1 desvio-padrão representa 60% da média) e $\beta = normal(0,9; 0,045)$ e $A = normal(7; 0,35)$, ou seja, um cenário de alta externalidade (0,9) e baixa variabilidade (1 desvio-padrão representa 5% da média). O modelo de simulação para as Empresas A e B no jogo sem cooperação em P&D e produção, nos quatro cenários (alta e baixa variabilidade), apresenta-se da seguinte forma (FIGURA 1):

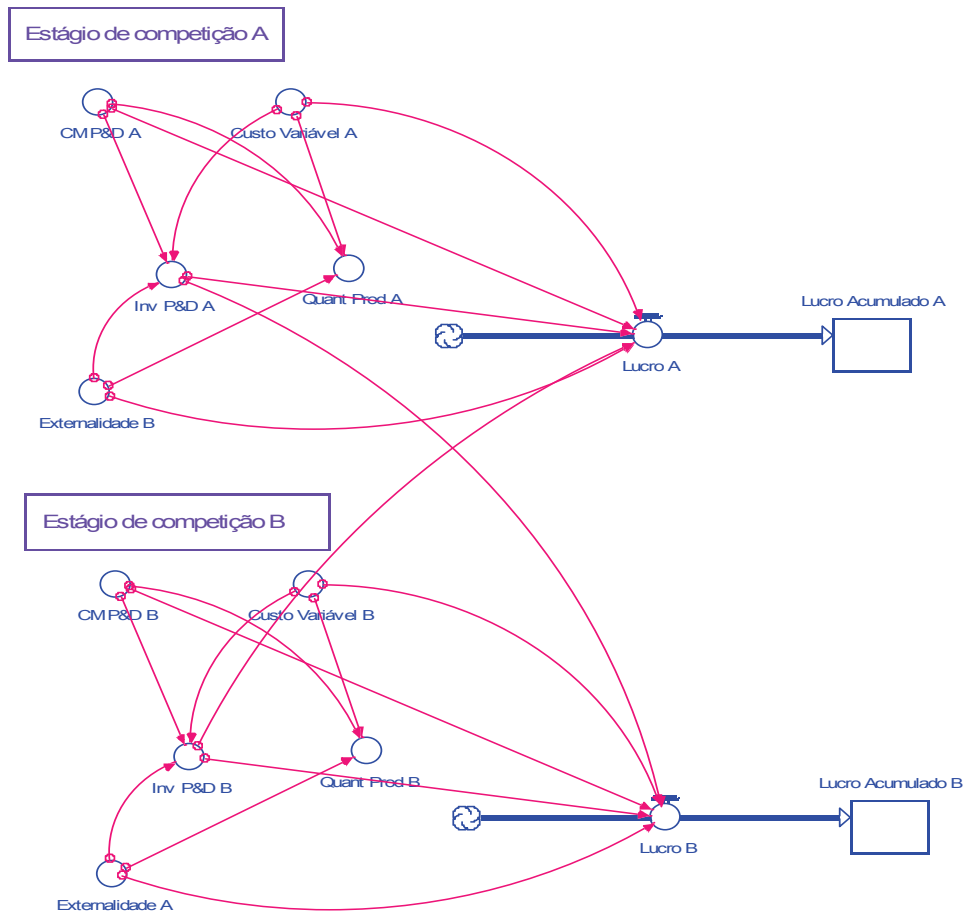


FIGURA 1 – Modelo de simulação no estágio de competição
Fonte: Autor

Foram realizadas 100 simulações no software Stella, utilizando cada um dos parâmetros. Os dados foram ordenados utilizando-se o *Microsoft Excel*. Através do $\sum(\text{Probabilidade} \times \text{Lucro})$ encontra-se, no cenário de baixa externalidade e alta variabilidade, um lucro esperado 0,8078 para a empresa A e 0,6814 para a empresa B. No cenário de baixa externalidade e baixa variabilidade obtém-se um lucro esperado de 0,8012 para a empresa A e 0,6977 para a empresa B. Em relação ao cenário de alta externalidade e alta variabilidade, o lucro esperado é de 3,0101 para a empresa A e 1,4128 para a empresa B. No cenário de alta externalidade e baixa variabilidade, os resultados da simulação mostram uma esperança de lucro de 2,5359 para a empresa A e 2,5108 para a empresa B. Por estarmos trabalhando com dados probabilísticos e utilizando simulações, embora as variáveis externalidades, custo de manutenção e custo variável sejam iguais entre as empresas A e B, os lucros esperados apresentam uma pequena variação.

4.2 Cooperação

O modelo de simulação para as Empresas A e B no jogo onde elas cooperarão em P&D, nos cenários de baixa externalidade e baixa variabilidade, baixa externalidade e alta variabilidade, alta externalidade e baixa variabilidade, e alta externalidade e alta variabilidade, apresenta-se da seguinte forma (FIGURA 2):

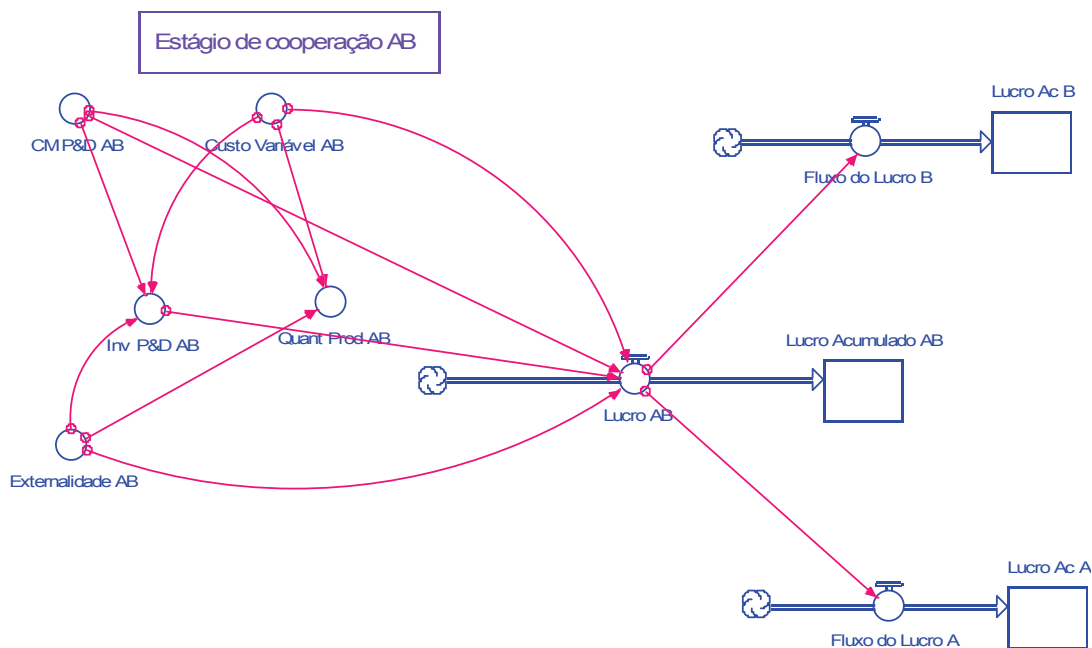


FIGURA 2 – Modelo de simulação no estágio de cooperação
Fonte: Autor

Neste estágio de cooperação as empresas dividem os lucros. O modelo funciona como se fosse apenas uma empresa cooperando nas atividades de P&D. Através da esperança $\Sigma(\text{Probabilidade} \times \text{Lucro})$ encontra-se para o cenário de baixa externalidade e alta variabilidade um lucro de 0,803 para as empresas A e B, enquanto no cenário de baixa externalidade e baixa variabilidade obtém-se um lucro esperado de 0,7955. No cenário de alta externalidade e alta variabilidade o lucro esperado é de 755,1116 para as empresas A e B. No cenário de alta externalidade e baixa variabilidade obtém-se um lucro esperado de 7,4437.

4.3 Coalizão

Neste estágio de cooperação as empresas dividem os lucros. O modelo funciona como se fosse apenas uma empresa cooperando na produção e nas atividades de P&D e na divisão do lucro. Os modelos apresentados de equilíbrio e o de coalizão total são aparentemente iguais, a diferença está na equação (D'ASPREMONT e JACQEMIN, 1988). Foram realizadas 100 simulações no software Stella e os dados foram tratados utilizando o software Microsoft Excel, apresentado pela FIGURA 3.

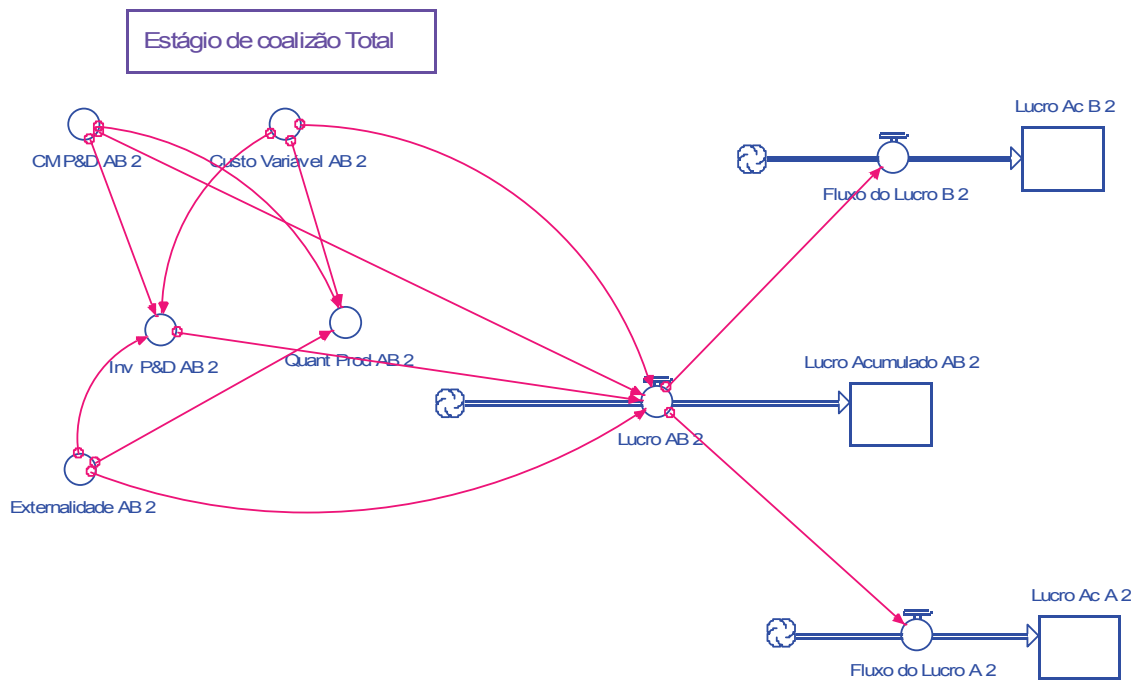


FIGURA 3 – Modelo de simulação no estágio de coalizão

Fonte: Autor

Através da esperança $\sum(\text{Probabilidade} \times \text{Lucro})$ encontra-se para o cenário de baixa externalidade e alta variabilidade um lucro de 3,39 para as empresas A e B. No cenário de baixa externalidade e baixa variabilidade é obtido um lucro esperado de 3,25. Para o cenário de alta externalidade e alta variabilidade encontra-se um lucro de 17,7577 para as empresas A e B. No cenário de alta externalidade e baixa variabilidade obtém-se um lucro esperado de 33,80.

4.4 Traição x Cooperação

O modelo a seguir representa o estágio do jogo onde uma empresa coopera esperando a cooperação da outra empresa, que, sabendo da ação do outro jogador, adota a estratégia de traição.

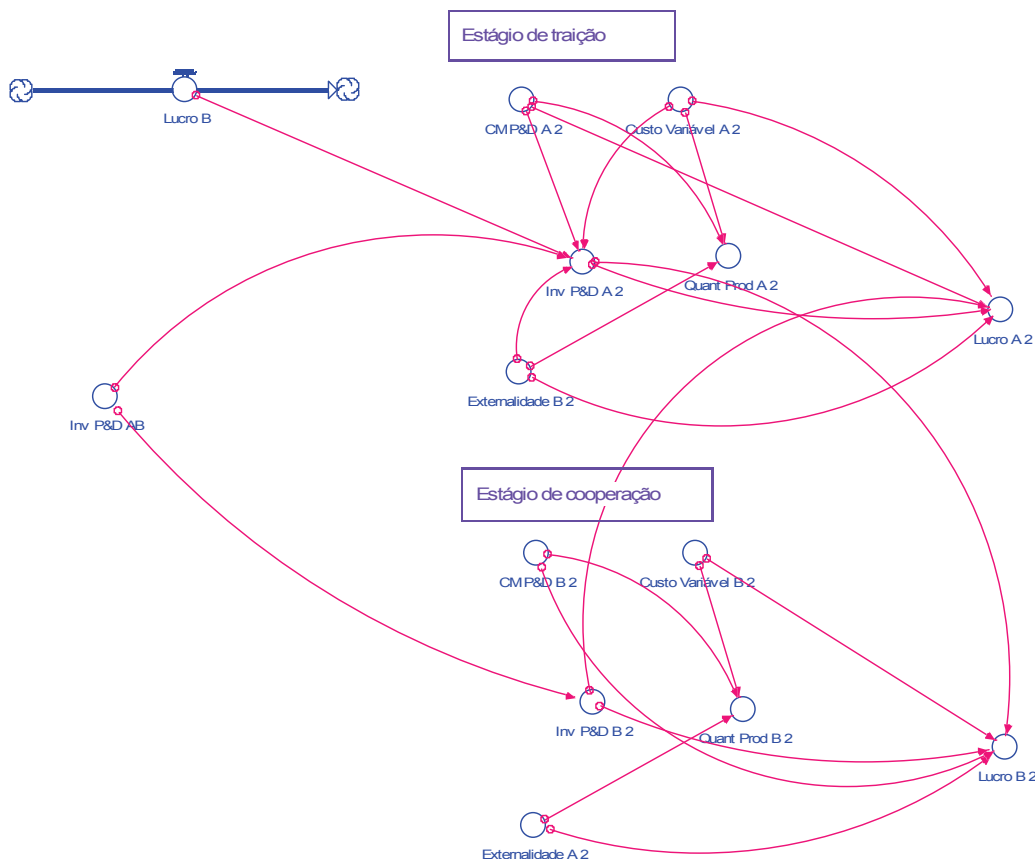


FIGURA 4 – Modelo de simulação no estágio de traição e cooperação
Fonte: Autor

Foram realizadas 100 simulações no software Stella. No cenário baixa externalidade e alta variabilidade, o lucro esperado da empresa A (traidora) é de 1,4218 enquanto a esperança de lucro da empresa B (cooperadora) é 1,3468. O cálculo da esperança, realizado através do *Microsoft Excel* em um cenário de baixa externalidade e alta variabilidade e definido pelo $\sum(\text{Probabilidade} \times \text{Lucro})$, encontra um valor de 1,4608

para a empresa A, enquanto na empresa B o valor encontrado é de 1,3452. No cenário de alta variabilidade, o lucro esperado (empresa A) é de -21.813,7537, enquanto a esperança de lucro da empresa B é 27.425,5677. No cenário de alta externalidade e baixa variabilidade, o lucro esperado é de 11,88 para a empresa A e -7,33 para a empresa B.

Em um cenário de baixa externalidade e baixa variabilidade, a evolução do investimento em P&D (x_a) da firma traidora apresenta uma média de 1,077, enquanto o investimento em P&D (x_b) da firma que coopera apresenta uma média de 1,026.

Em um cenário de alta externalidade e baixa variabilidade, a evolução do investimento em P&D (x_a) da firma traidora apresenta uma média de 3,2933, enquanto o investimento em P&D (x_b) da firma que coopera apresenta uma média de 7,3273.

Percebe-se, no cenário de alta externalidade e baixa variabilidade, que a firma que coopera tem um investimento maior em P&D (7,3273) que a firma traidora (3,2933) e que essa relação é inversamente proporcional em relação ao lucro, pois verifica-se um prejuízo (-

7,33) para a firma que coopera, a par de um lucro de 11,88 para a firma que trai, resultados explicados pela apropriação dos investimentos da firma que coopera pela firma traidora (*free-rider*).

A partir dos resultados encontrados pela simulação, delineiam-se duas matrizes de ganhos (baixa externalidade com baixa variabilidade e baixa externalidade com alta variabilidade), representadas, respectivamente, pelas matrizes de *payoff*.

A matriz de *payoff* indica três equilíbrios em estratégias mistas, para os dois cenários: quando elas cooperam mutuamente, quando a empresa A coopera e a empresa B compete, e quando a empresa A compete e a empresa B coopera. Ou seja, os gestores somente encontrariam incentivos para adotar outra estratégia através da competição mútua.

<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	
	<i>Coopera em P&D</i>	<i>Não coopera em P&D</i>
<i>Coopera em P&D</i>	0,7955 ; 0,7955	1,3452 ; 1,4608
<i>Não coopera em P&D</i>	1,4608 ; 1,3452	0,8012 ; 0,6977

<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	
	<i>Coopera em P&D</i>	<i>Não coopera em P&D</i>
<i>Coopera em P&D</i>	0,803 ; 0,803	1,3468 ; 1,4218
<i>Não coopera em P&D</i>	1,4218 ; 1,3468	0,8078 ; 0,6814

A partir dos resultados encontrados pela simulação, desenvolvem-se duas outras matrizes de ganhos (alta externalidade com baixa variabilidade e alta externalidade com alta variabilidade), representadas, respectivamente, pelas matrizes a seguir.

Analisando o jogo nos cenários de alta externalidade, percebe-se que o equilíbrio ocorre quando as empresas decidem cooperar. Em um cenário de alta variabilidade, verifica-se que a escolha estratégica de cooperar em P&D potencializa o lucro ou prejuízo das empresas.

<i>Empresa A</i>	<i>Empresa B</i>	
	<i>Coopera em P&D</i>	<i>Não coopera em P&D</i>
<i>Coopera em P&D</i>	7,4437 ; 7,4437	-7,33 ; 11,88
<i>Não coopera em P&D</i>	11,88 ; -7,33	2,5359 ; 2,5108

A alta externalidade associada a alta variabilidade torna o cenário de alto risco, a ponto de representar o insucesso do negócio, como verificado na matriz a seguir, em que a empresa que decide cooperar e é traída pela parceira apresenta um prejuízo proporcionalmente grande em relação aos ganhos decorrentes de outras escolhas.

Empresa A

<i>Coopera em P&D</i>	<i>Empresa B</i>	
	<i>Coopera em P&D</i>	<i>Não coopera em P&D</i>
	755,1116 ; 755,1116	27.425,5677;-21.813,7537

<i>Não coopera em P&D</i>	-21.813,7537;27.425,5677	3,0101 ; 1,4128
-------------------------------	--------------------------	-----------------

4.5 Análise da pesquisa

A *survey* realizada constatou a intenção dos associados em adotar estratégias cooperativas. Com efeito, no triênio 2004/2006, 87% das empresas do setor de TIC no Ceará adotaram alguma atividade cooperativa formal ou informal, sendo os institutos de pesquisa apontados por 43,5% dos pesquisados como de alta importância para o sucesso da parceria. A cooperação para desenvolver novos produtos e/ou processos é percebida por 55% dos respondentes como de alta importância, sendo, portanto, o principal responsável pela adoção de estratégias cooperativas no setor de TIC cearense.

A pesquisa mostrou ainda a intenção das empresas de TIC cearenses em desenvolver parcerias com empresas dentro do Instituto, devendo essa cooperação verificar-se principalmente na aquisição de insumos necessários à produção.

A *survey* realizada no setor indicou como acertada a estratégia de investimento em P&D adotada pelas empresas de TIC, pois mostrou que, em 2006, a inovação de produtos e/ou processos contribuiu significativamente para o faturamento das empresas, proporcionando um incremento dessas receitas em até 25%. Em relação aos gastos com pesquisa, no ano passado esses dispêndios representaram um percentual entre 10% e 20% do faturamento para 12,5% das empresas respondentes que investiram em pesquisa. Os gastos com desenvolvimento representaram um percentual entre 16% e 20% do faturamento para 18,8% das empresas respondentes que investiram no desenvolvimento de novos produtos e/ou processos no ano de 2006.

Verifica-se uma disposição de investir em P&D, principalmente na aquisição de equipamentos necessários a melhorias tecnológicas de produtos/processos ou associados aos novos produtos/processos.

A pesquisa mostrou que 87% dos pesquisados desenvolvem ocasionalmente ou rotineiramente pesquisas dentro da empresa, enquanto 13% compram pesquisas de terceiros ou necessitam do transbordamento destas informações, sendo, portanto, potenciais *free-riders*, que são agentes que atuam de forma oportunista representando, portanto, um fator restritivo à cooperação entre empresas.

Conclusão

Dentro de uma economia com um grau crescente de competitividade e com os mercados de TIC cada vez mais sofisticados, empresas de todo o mundo cooperam na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos/serviços que lhes proporcionarão uma vantagem competitiva.

Inerentes ao processo de cooperação, dois fatores influenciam diretamente as decisões dos gestores na adoção de suas estratégias colaborativas: o risco de traição na adoção de estratégias cooperativas, causado pelas assimetrias de informações, e a variabilidade das externalidades.

Considerando o objetivo da pesquisa de analisar as decisões das empresas de TIC no Ceará quanto à realização de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento – P&D e considerando a possibilidade da geração de externalidades, conclui-se que a variabilidade é um fator a ser considerado neste estudo, mais especificamente em cenários de alta externalidade, pois a traição em uma parceria pode representar um lucro extraordinário para a empresa traidora e um prejuízo financeiro para a firma que coopera.

A hipótese sugerida, de que adotar estratégias cooperativas torna-se a opção mais racional devido à eliminação de possíveis *free-riders*, à minimização dos gastos individuais em P&D e à maximização dos ganhos, foi comprovada pela pesquisa (*survey* e simulação).

As empresas associadas ao Instituto Titan adotam estratégias de cooperação e inovam seus produtos e processos através de investimentos em P&D. Estas empresas se uniram em torno de um grupo organizado, com objetivos claros de proporcionar simetrias de informações entre os participantes, garantir a intenção estratégica dos participantes e reduzir o custo de P&D, desta forma contribuindo para o sucesso dos objetivos individuais e do grupo.

Referências Bibliográficas

BASTOS, Valéria Delgado. **Incentivo à inovação**: tendências internacionais e no Brasil e o papel do BNDES junto a grandes empresas. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 11, n. 21, p. 107-138, jun. 2004.

BEUREN, Ilse Maria et al. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2003.

CARRARO, André. **O investimento em P&D e o uso das patentes**: uma abordagem por meio da teoria dos jogos. 1997. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) - Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

CHATERJEE, Sayan. **Estratégia a prova de falhas**: como lucrar e crescer correndo riscos que outros evitam. Trad. Eliane P. Zanith Brito. Porto Alegre: Bookman, 2006.

D'ASPROMONT, Claude; JACQUEMIN, Alexis. **Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers**. American Economic Review, vol.78, n.5, p. 1133-1137, dezembro 1988.

DIXT, Avinash K.; NALEBUFF, Barry J. **Pensando estrategicamente**. a vantagem competitiva nos negócios na política e no dia a dia. São Paulo: Atlas, 1994.

FACHIN, Odília. **Fundamentos de metodologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FIANI, Ronaldo. **Teoria dos jogos**: para cursos de administração e economia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

GARCIAS, Paulo Mello. **A lógica de formação de grupos e aliança estratégica de empresas**. Tuiutí, Curitiba - Paraná, v. 1, p. 51-78, 2001.

GHEMAWAT, Pankaj. **A estratégia e o cenário dos negócios: textos e casos**. Trad. Nivaldo Montogelli Jr. Porto Alegre: Bookman, 2000.

GIBBONS, Robert. **Game Theory for Applied Economists**. Princenton University Press, 1992.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GUERREIRO, Ramos A. **A problemática da realidade brasileira. Administração e estratégia de desenvolvimento.** Rio de Janeiro: FGV, 1966.

HITT, Michael A. **Administração estratégica: competitividade e globalização.** São Paulo: Pioneira, 2005.

LEWIS, Jordan D. **Alianças estratégicas: estruturando e administrando parcerias para o aumento da lucratividade.** Trad. Nivaldo Montogelli Jr. São Paulo: Pioneira, 1992.

POSSAS, Mário Luiz. **Elementos para uma integração micro-macrodinâmica na teoria do desenvolvimento econômico.** Revista Brasileira de Inovação. Vol. 1, Ano 1, Janeiro/Junho 2002.

ZAWISLAK, Paulo A. **Reflexões a respeito de fazer cooperação tecnológica.** In: Anais do 20º ENANPAD, Angra dos Reis, Rio de Janeiro. Vol. Ciência e Tecnologia, p. 251-270, 1996.