

JOGOS DE SIMULAÇÃO EM PESQUISA OPERACIONAL: CONCEPÇÃO DE JOGO BASEADO NA BATALHA DA GRÃ-BRETANHA

Renan Antunes

Aluno de Graduação na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – FEARP/USP

Gabriel Mengue Mendonça Menezes

Aluno de Graduação na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – FEARP/USP

Alexandre Bevilacqua Leoneti *

** Autor para correspondência*

Professor Doutor na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – FEARP/USP

ableoneti@usp.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a proposição de um jogo que proporcione ao aluno de Administração e, mais especificamente, de Pesquisa Operacional uma experiência diferenciada na aprendizagem de modelos teóricos discutidos nesta disciplina em questão. O jogo é ambientado na Batalha da Grã-Bretanha, que foi um marco histórico para Pesquisa Operacional enquanto ciência. Com a base conceitual, o trabalho contempla a relevância dos jogos de empresa na aprendizagem, referencial teórico com autores discutindo a aplicação de jogos e a ambientação dos primórdios da Pesquisa Operacional. O jogo foi desenvolvido no software Excel® com as ferramentas disponibilizadas no modo desenvolvedor. A simulação foi realizada com alunos voluntários da disciplina de Pesquisa Operacional da turma de 2014 do Curso de Administração. Os alunos envolvidos na aplicação responderam positivamente à experiência, o que reforça as expectativas em relação ao potencial educacional da ferramenta, contribuindo, assim, para o ensino desta disciplina no âmbito da Administração.

Palavras chave: Jogos de Simulação, Pesquisa Operacional, Ciência Gerencial.

ABSTRACT

This paper has as its main purpose to propose a game that allows the students of Business Administration and, more specifically, the discipline of Operational Research experience a differentiated learning of the theoretical models discussed in this discipline in question. The game is set in the Battle of Britain that happened in 1940 and was a landmark for Operations Research as a science. With the conceptual basis, the work describes the relevance of business games in learning and the setting the of beginnings of Operations Research. The game was developed in Excel® with the tools of developer mode. A simulation was performed with volunteer students of the course Operational Research in 2014. The students with participate of the simulation demonstrated to be pleased with the experience, what reinforces the expectative of the potential use of the game as a tool for Operational Research learning.

Key words: Simulation Games, Operational Research, Management Science.

1. INTRODUÇÃO

O uso de jogos no aprendizado é uma forma de facilitar e estimular o ensino de diversas disciplinas e em diversas etapas do desenvolvimento e aprendizado de uma pessoa. No caso do curso de Administração e, ainda mais especificamente, no ensino de Pesquisa Operacional - PO, o uso de jogos pode ser uma ferramenta útil e efetiva para estimular o aprendizado dos alunos de graduação. Conforme Griffin (2007) jogos são usados de diferentes maneiras para engajar estudantes nos tópicos de Administração e PO, sendo particularmente úteis na ilustração de idéias complexas que não são facilmente ensinadas através de aulas expositivas.

A ciência conhecida como PO nasceu nas vésperas da 2ª Guerra Mundial, mas seu advento foi previsto antes e durante a 1ª Guerra Mundial em conexão com três tecnologias introduzidas durante aquela guerra: os encouraçados navais, os aviões e os submarinos. Logo após os eventos da primeira guerra, Thomas A. Edison desenvolveu estatísticas para ajudar na evasão e destruição de submarinos inimigos, usando um “jogo de mesa tático” para resolver problemas de escape dos submarinos analisando os ziguezagues como um método de proteção dos navios mercantes (MCCLOSKEY, 1987).

Com a evolução dos métodos de pesquisa e o advento do uso de radares, a previsão e possibilidades de ataques guiados começaram a ser instrumentalizados pelos ingleses. De acordo com McCloskey (1987), os experimentos de Biggin Hill¹ integraram os radares nos sistemas gerais de alerta, que informavam antecipadamente o Centro de Observação do Corpo de Fuzileiros e caças aéreos em ação. Dessa forma foi possível evitar a necessidade de patrulhas normais de aviões de caça e do estado de alerta constante que trabalhavam em conjunto com as rotas de defesa antiaérea, sendo este considerado o início da PO.

Pouco tempo depois dos primeiros testes bem sucedidos, a Batalha da Grã-Bretanha eclodiu. A batalha é considerada o marco da formalização da Pesquisa Operacional enquanto ciência, pois foi utilizada pela primeira vez na detecção de forças inimigas e planejamento de esforços militares por parte dos ingleses com o intuito de um resultado ótimo nas batalhas aéreas (MCCLOSKEY, 1987). A Batalha da Grã-Bretanha foi determinante para a vitória dos aliados na 2ª Guerra Mundial uma vez que deixou as forças nazistas debilitadas em sua efetividade aérea e foi a primeira grande batalha a ser disputada inteiramente por forças aéreas Inglesas e Alemãs (KENNEDY, 2014).

Contudo, a literatura é muito escassa quanto a exemplos de modelos que foram utilizados neste contexto do surgimento da PO. Por outro lado, jogos de simulação podem ser utilizados como uma parte do ensino acadêmico e do programa de treinamento industrial, tendo seu valor enquanto dispositivos de treinamento devidamente estabelecidos (BABB, 1966). Desta forma, é justificada a proposição de um jogo de simulação para ser aplicado em ambientes de treinamento onde os alunos possam experimentar modelos e técnicas da disciplina para tomada de decisão no contexto da inauguração da PO e sua aplicação.

Este trabalho tem o objetivo de propor um jogo com base na simulação da Batalha da Grã-Bretanha para auxiliar no ensino dos conceitos de PO. O cenário escolhido para o jogo visa ilustrar os primórdios da ciência como ferramenta para auxílio na tomada de decisão. A proposição de um ambiente de simulação visa permitir ao aluno utilizar o conhecimento teórico em PO e ter seu desempenho avaliado durante a aplicação do jogo. De forma específica, o escopo deste trabalho é propor a base conceitual do jogo e abordar os dados históricos para que seja possível a análise da tomada de decisão dos alunos e do uso das técnicas e modelos na disciplina.

¹ O experimento foi nomeado assim, pois Biggin Hill fora considerada como um ambiente propício para testes com rádio frequência e aviões da Frota Real Britânica, além de formar um anel defensivo em Londres.

Considerando a escassez de estudos relevantes nesta área, também foi investigada a literatura analisando os possíveis motivos deste cenário e oferecendo um diagnóstico para que seja mais ampla a pesquisa e desenvolvimento de jogos para estimular os alunos na aprendizagem desta disciplina que auxilia a tomada de decisão de um gestor.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é a modelagem de um jogo de simulação que aplique modelos e conteúdo de PO no aprendizado de alunos dos cursos de Administração e de outros que tenham em sua grade a referida disciplina. Os objetivos específicos são os seguintes:

- Levantamento da literatura já disponível para aprendizagem de PO;
- Contextualização do início da PO enquanto ciência aplicada;
- Contextualização e proposição da Batalha da Grã-Bretanha;
- Avaliação dos resultados e relatório final.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 JOGOS DE SIMULAÇÃO E PESQUISA OPERACIONAL

O uso de jogos como forma interativa de ensino nos cursos de Administração, especialmente na graduação, é um assunto de interesse que possui grande potencial no auxílio do ensino ao trazer para as salas de aula o componente experimental dos desafios a serem encontrados no dia-a-dia do mercado de trabalho. Faria et al. (2009) acrescenta que como ferramenta educacional, os jogos de simulação de negócios têm crescido consideravelmente nos últimos 40 anos e deixou de ser um exercício suplementar em cursos de negócios para um modo importante de instrução. A simulação de negócios jogo tornou-se uma das principais formas de pedagogia para uso em educação empresarial.

Conforme Martinelli (1988, p. 26), “a principal finalidade dos jogos de simulação é a de propiciar aos alunos (participantes do curso ou da simulação) um meio ambiente hipotético, no qual eles possam praticar a arte do planejamento, bem como exercer e desenvolver a habilidade da tomada de decisão em nível de alta administração, como um preparo e treinamento para a sua atividade profissional futura”.

Embora as mudanças na tecnologia estejam proporcionando mais oportunidades para melhorar os jogos de simulação e uma série de inovações pedagógicas, é importante saber por que motivo os educadores usam jogos de simulação e por que as técnicas pedagógicas não mudaram muito durante os últimos 40 anos (FARIA et al., 2009). A tabela 1 demonstra o resultado da pesquisa realizada por Faria et al. (2009) sobre a evolução e o uso de jogos de Simulação e Jogos em Administração nos últimos 40 anos.

TABELA 1 - Jogos de simulação e sua utilização ao longo dos últimos 40 anos

	Década 1970		Década 1980		Década 1990		Década 2000		Últimos 40 anos	
	N	% do total	N	% do total	N	% do total	N	% do total	N	% do total
Total de Artigos em Simulação e Jogos	213	100,0	244	100,0	363	100,0	295	100,0	1115	100,0
Artigos sobre Aprendizado de Administração e Simulação de Empresas	34	16,0	74	30,3	124	34,2	72	24,4	304	27,3
Principais tópicos no ensino de Administração e técnicas de aprendizagem:	<i>Percentual baseado no número de artigos no ensino de Administração e não no total de artigos em Simulação e Jogos.</i>									
Trabalho em grupo	6	17,6	15	20,3	21	16,9	24	33,3	66	21,7
Interatividade	2	5,9	8	10,8	9	7,3	31	43,1	50	16,4
Complexidade	2	5,9	13	17,6	6	4,8	28	38,9	49	16,1
Funcionalidade	3	8,8	12	16,2	13	10,5	16	22,2	44	14,5
Interrogatório	1	2,9	3	4,1	7	5,6	17	23,6	28	9,2
Internet	0	0,0	0	0,0	5	4,0	18	25,0	23	7,6
Capacidade Quantitativa	0	0,0	7	9,5	1	0,8	14	19,4	22	7,2

Fonte: adaptado de Faria et al. (2009)

A tabela 1, apresenta o crescimento do total de pesquisas em simulação de jogos. Niemeyer (2005, p. 19) define modelagem e simulação como um componente essencial do comportamento intelectual. Segundo o autor, “o conhecimento humano e o intelecto são baseados na habilidade de criar e manipular modelos, sejam eles cognitivos ou concretos, individualmente ou em grupos”. Ele enfatiza o aspecto de *tentativa e erro* no aprendizado aplicado à busca de soluções ótimas no processo de tomada de decisão, e que isso deve ser feito utilizando-se modelos, uma vez que é altamente indesejável que se cometam erros na manipulação de sistemas reais de alto valor.

Zoll (1969) define a teoria de jogos de simulação como exercícios em que, num dado contexto, se toma decisões para um período de tempo fixado, comunicando-se os resultados dessas decisões para favorecer novas e melhores decisões para o período de tempo subsequente. O principal objeto de estudo em Pesquisa Operacional é a tomada de decisão com base nos princípios de otimização e, desta forma, a proposição de um jogo que simule um ambiente competitivo, com o auxílio de modelos matemáticos, pode tornar possível a experimentação dos modelos e técnicas da disciplina que melhorem o desempenho do aluno quanto do alcance de seu objetivo final.

Neste ponto, é importante ressaltar que os termos *simulação* e *modelos* são frequentemente utilizados, embora nem sempre sejam adequadamente definidos (NIEMEYER, 2005). Os mais importantes atributos de um modelo, na classificação de Niemeyer (2005, p. 21) são: (i) deve ser desenvolvido de forma a permitir um objetivo claro e

formalmente definido a ser atingido; (ii) representa uma outra entidade, que pode ser parte do mundo real ou outro modelo; (iii) deve constituir uma representação daquela outra entidade, caracterizando uma redução em grau de complexidade; (iv) auxilia a *percepção* (do passado) ou *antecipação* (do futuro); e (v) pode ser conceitual ou concreto. O autor define simulação como “uma aplicação dinâmica de um modelo que foi especificamente desenvolvido para simulações”, e que qualquer simulação é uma representação de um sistema, que muda seu estado no tempo (NIEMEYER, 2005, p. 26).

O uso de computadores e aplicativos em jogos em Administração não é nenhuma novidade. Conforme Martinelli (1988), os computadores foram introduzidos nos jogos de empresa em 1963, e propiciaram-lhes grande desenvolvimento, sendo que seus adeptos, por meio desta técnica, puderam simular as atividades gerenciais de uma grande empresa, com alto nível de precisão. Nas palavras de Martinelli (1988), “os jogos de empresas surgiram e foram desenvolvidos como instrumento de treinamento para os soldados em guerra, [...] como instrumento didático, porém, os jogos de empresas surgiram em 1956 nos EUA, tendo sido desenvolvidos e utilizados principalmente nas universidades”. Jogos do gênero de guerra vêm sendo utilizados por muitos séculos, tanto como uma forma de distração – do qual xadrez é um excelente exemplo – ou como auxílio no estudo de táticas por oficiais militares. A Pesquisa Operacional militar encerra muitos tipos de problemas que podem ser expressos em um jogo do gênero de guerra (SHEPHARD, 1963).

A busca por ferramentas disponíveis para estimular o ensino, é também explorada em outras áreas da grade curricular que permitam aprender com simulação e, se possível, tentar validar o nível de efetividade da nova ferramenta. Neste sentido, os professores Dennis Meadows, John Sterman e Andrew King da *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), desenvolveram o jogo chamado “*Fish Banks*”. O *Fish Banks* é um jogo de administração de recursos e de estratégia que utiliza o conceito da tragédia dos comuns, no qual os participantes podem desempenhar o papel de pescadores e procuram maximizar seu retorno enquanto competem entre si, lidando com as variações nos estoques de peixes e as suas capturas. No jogo, baseado em uma plataforma *web*, os participantes podem ainda comprar, vender e construir navios, além de decidir onde pescar, considerando as opções estratégicas disponíveis para os instrutores, que incluem leilões de novos barcos, aquisição de novas licenças, etc..

Jogos de simulação também apresentam críticas relevantes que devem ser apontadas. Como principais críticas apresentadas, podemos citar aquelas propostas pelos autores Babb (1966) e Martinelli (1988), a saber: (i) o custo monetário e temporal da realização da atividade; (ii) a escassez de literatura que contemple aplicação e proposição de jogos na aprendizagem; (iii) a falta de objetivos claros a serem avaliados e grandes quantidades de jogos de tópicos “gerais” em detrimento a jogos de tópicos “específicos”; e (iv) a necessidade de simplificar a realidade para viabilizar a elaboração do jogo, que, em conjunto, podem retirar elementos subjetivos relevantes para auxílio na tomada de decisão.

De acordo com Babb (1966) o custo monetário e temporal pode ser um grande problema na elaboração e proposição de jogos, apresentando-se como uma grande causa da escassez de material que envolva a temática. Segundo os autores, jogos de empresa são relativamente caros para serem usados, especialmente se os jogos que contemplem um aspecto específico do curso ainda não estiverem disponíveis no mercado. Desta forma, muitos estudos usando jogos de empresas passaram a envolver exemplos minimalistas, especialmente quando comparados com estudos onde há apenas uma variável de decisão tomada e a jogabilidade é rápida (BABB, 1966). Martinelli (1988), complementa que a literatura sobre o assunto é escassa.

Outro aspecto que traz problemas à aplicação de jogos de empresas é o fato de, em vários jogos, não se definir claramente os objetivos aos quais se propõem os participantes, o que torna a sua aplicação pouco dirigida e, de certa forma, um tanto confusa. Essa falha

deveria ser obrigatoriamente evitada, dependendo, para isso, apenas de um maior cuidado por parte dos autores na elaboração dos jogos (MARTINELLI, 1988). Por fim, outro problema que surge no desenvolvimento dos programas dos jogos de simulação refere-se à necessidade de efetuar simplificações da realidade para que possa ser utilizado na forma de um modelo ou programa de computação (MARTINELLI, 1988). Este é um fator que a literatura aborda como fundamental para o não sucesso dos jogos de empresa.

3.2 A BATALHA DA GRÃ-BRETANHA E A PESQUISA OPERACIONAL

A Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) define “a Pesquisa Operacional como ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais”. Tendo como foco a tomada de decisões, a PO permite aplicar conceitos e métodos matemáticos que visam introduzir elementos de objetividade nos processos de tomada de decisão, sem descuidar dos elementos subjetivos que caracterizam os problemas.

A primeira oportunidade real de testar a teoria e todas suas possibilidades, foram a partir dos bombardeios estratégicos que ocorreram durante a Batalha da Grã-Bretanha. Esta batalha se desenrolou durante o verão e o outono de 1940, e também durante os anos seguintes de bombardeios noturnos nas cidades e fábricas das ilhas britânicas realizados pelos alemães (KENNEDY, 2014). Kennedy (2014) afirma que, “embora a vitória na Segunda Guerra Mundial dependesse muito da tecnologia, da organização e da inventividade de cada lado, e não apenas de números, a dura realidade era que os números *tinham* importância”. O número de Interceptadores e Caças Ingleses a serem produzidos com Dinheiro era limitado a 300 unidades por mês devido a esta ser a capacidade máxima de produção das plantas inglesas no período da guerra (BUNGAY, 2000). Do mesmo jeito, era limitado o treinamento de pilotos para pilotar os Interceptador e/ou Caça Inglês, em número de 200 por mês.

Durante a guerra, também havia relevância das perdas no transporte de suprimentos. Kennedy (2014) diz “o fato realmente alarmante era que as perdas (de suprimentos) haviam ocorrido na mais importante de todas as rotas de comboio, situada entre Nova York, Halifax e os portos de chegada de Glasgow e Liverpool” que por conta dos submarinos dos alemães, ainda usando rotas no oceano da Primeira Guerra Mundial, conseguiam prever e capturar muitas embarcações dos aliados.

Kennedy (2014) relata em seu livro que o objetivo da Alemanha se centrou em tirar a Inglaterra do combate, por meio de intimidação ou ainda algum acordo semelhante ao Tratado de Vichy², mas que envolvia a invasão do território inglês. Para isso, seria necessário ter o controle ao menos de parte das águas do canal da Mancha, por onde se daria a entrada das tropas Alemãs. “Esse objetivo, no entanto, dependia de conseguir o controle também do ar, não apenas pela destruição da *Royal Air Force* – RAF, mas também impedindo a ação das poderosas forças navais inglesas” (KENNEDY, 2014). A preparação britânica, porém, mostrou-se ainda melhor – em sua cadeia de comando e nos sistemas integrados de defesa, com radar, estações de observação, alerta diante de ataques aéreos, postos de comando setorial e controladores de tráfego aéreo, tudo descentralizado e, no entanto, atuando de forma conjunta, com as informações sendo enviadas ao quartel-general do Comando de Caças liderados por Hugh Dowding. “Nesse confronto, três aspectos se destacam sobre todos os outros na explicação de como a campanha se desenvolveu: a geografia, a escolha dos alvos, os homens e suas armas – pilotos e seus aviões” (KENNEDY, 2014).

A Pesquisa Operacional enquanto ciência, baseada em informações quantitativas para solução de problemas reais, mostrou-se uma ferramenta de guerra que possibilitava os

² Acordo em que França assina sua rendição à Alemanha, em 1940.

britânicos decidirem quais alvos deveriam ser atacados e quais unidades militares teriam suas campanhas predestinadas ao fracasso. Apesar de as decisões nem sempre envolverem a vitória e a derrota em uma guerra, necessita-se que o aluno seja capaz de utilizar todas as ferramentas disponíveis para tomada de decisão, buscando-se o ótimo operacional. Desta forma, é justificada a proposição de um jogo para ser aplicado em sala de aula onde os alunos possam experimentar modelos e técnicas da disciplina para incitá-los nessa tarefa de tomada de decisão estratégica.

4. METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa aplicada com a proposição de um jogo de que aplique modelos de Pesquisa Operacional e avaliação se esta ferramenta é útil no aprendizado da disciplina e no auxílio à tomada de decisão.

Como ideia inicial, a aplicação do jogo foi proposta em grupos que representaram a Inglaterra para serem alvo dos aviões (bombardeiros e caças) da Alemanha. Foram definidas para a Inglaterra quatro bases (Londres [Base 1], Portsmouth [Base 2], Plymouth [Base 3] e Norwich [Base 4]), representando algumas das principais cidades de sua costa sul e sudeste. Cada base possui 100 unidades de vida a serem defendidas pelos aviões Interceptadores – que tem como alvo os Bombardeiros alemães – e Caças – que lutam contra os Caças alemães. Os recursos ingleses são: (i) interceptadores; (ii) caças; (iii) radares, que aumentam a precisão da previsão dos ataques alemães e aumentam a efetividade do ataque inglês; (iv) dinheiro; e (v) pilotos. O recurso (iv) dinheiro foi definido para aquisição de um número superior ao inicial de Interceptadores e Caças, mas esse número foi restrito a um orçamento fixado por rodada.

Também com base nesta ideia inicial, foi definida a possibilidade da reconstrução das bases, com orçamento também fixado por rodada. Foi definido um número máximo de produção de Interceptadores, Caças e Pilotos por rodada. Também foram providenciadas ao aluno as restrições: (i) das quantidades de interceptadores ingleses; (ii) das quantidades de caças ingleses; (iii) das quantidades de pilotos ingleses; (iv) da previsão de ataque, por rodada e por base, de bombardeiros alemães; e (v) da quantidade de dinheiro disponível para eventuais compras (interceptadores, caças, pilotos, radares e reconstrução da base aliada). Também, uma quantidade de reposição fixa nas forças alemães por rodada foi adicionada para dificultar o jogo. Os ataques foram definidos como aleatórios, isto é, os alunos tinham apenas uma ideia do tamanho esperado do efetivo do ataque em cada uma das bases.

De forma resumida, o jogo possui as seguintes premissas:

- A. O jogo acontece por meio de decisões a cada rodada;
- B. O objetivo do jogo é resistir o máximo de rodadas possíveis, ou ainda, sofrer o mínimo impacto possível dos confrontos com os alemães;
- C. Existem restrições de recursos;
- D. Um componente de aleatoriedade é responsável pela determinação dos resultados de combate no ambiente do jogo;
- E. Os alunos deverão identificar as variáveis para a prática de Pesquisa Operacional onde os modelos propostos deverão ser utilizados;
- F. Os grupos terão que decidir quanto do efetivo aéreo deve ser alocado em cada uma das bases para serem defendidas;
- G. A elaboração dos Problemas de Programação Linear (PPL) é esperada em todas as rodadas para obtenção dos resultados ótimos.

Em todas as rodadas os jogadores poderão executar os PPL no Solver, pois o número de recursos disponíveis (restrições) é alterado. De forma análoga, o número de unidades inimigas previstas para atacar as bases também sofre alterações, o que também é uma restrição. O saldo final do número do número de Interceptadores (InE) menos Bombardeiros alemães (BoN), em cada uma das bases, é o dano recebido pelas mesmas, como proposto pelas equações 1 e 2.

$$\text{Dano por Base}_i = \Sigma \text{InE} - \Sigma \text{BoN}, \quad \text{para } i = 1, 2, 3 \text{ e } 4 \quad (1)$$

$$\text{Dano Total} = (\text{Dano Base 1} + \text{Dano Base 2} + \text{Dano Base 3} + \text{Dano Base 4}) \quad (2)$$

Como conclusão das proposições acima, a diferença exposta na sentença (1) conclui o dano infringido na respectiva base do jogador. O objetivo de maximizar o dano no adversário ou de minimizar o dano infringido em suas próprias bases permitem o jogador configurar diferentes modelagens de acordo com cada estágio do jogo. O jogo permite, também, conforme mencionado anteriormente, a reconstrução da base aliada, desde que as restrições orçamentárias permitam. As variáveis que poderiam compor a função objetivo do PPL é referente ao número de Interceptadores e Caças em cada uma das bases. Assim, a função objetivo é dada pela equação 3. As restrições são descritas na tabela 2.

$$F(Z) = X_{11} + X_{12} + X_{21} + X_{22} + X_{31} + X_{32} + X_{41} + X_{42} \quad (3)$$

Onde:

X_{11} : Quantidade de Interceptadores na Base 1;
 X_{12} : Quantidade de Caças Ingleses na Base 1;
 X_{21} : Quantidade de Interceptadores na Base 2;
 X_{22} : Quantidade de Caças Ingleses na Base 2;
 X_{31} : Quantidade de Interceptadores na Base 3;
 X_{32} : Quantidade de Caças Ingleses na Base 3;
 X_{41} : Quantidade de Interceptadores na Base 4;
 X_{42} : Quantidade de Caças Ingleses na Base 4.

TABELA2 – Exemplo de restrições propostas

	Recursos Disponíveis (em milhões)				
	Nome	Inicial	Reposição por Rodada	Produção Máxima por Rodada	Preço por Unidade
Inglaterra	<i>Interceptadores</i>	400 unidades	50 unidades	300 unidades	£8,00
	<i>Caças Ingleses</i>	600 unidades	50 unidades	300 unidades	£6,00
	<i>Pilotos Ingleses</i>	1.000 unidades	-	200 unidades	£5,00
	<i>Nível do Radar</i>	1	-	1	£800,00
	<i>Dinheiro</i>	£3.000,00	£2.000,00	-	-
	<i>Reconstruir Base</i>	-	-	-	£20,00
Alemanha	<i>Bombardeiros</i>	500 unidades	200 unidades	-	-
	<i>Caças Alemães</i>	700 unidades	300 unidades	-	-

O número de Interceptadores e Caças Ingleses a serem produzidos com Dinheiro foi limitado a 300 unidades por rodada devido a esta ser a capacidade máxima de produção das plantas inglesas no período da guerra. Do mesmo jeito, só seria possível treinar 200 pilotos por rodada – sendo importante notar, também, que para que os aviões possam voar, tem que haver pelo menos um piloto por avião (Interceptador e/ou Caça Inglês). Por fim, só é possível a reconstrução de uma base por rodada. O cálculo da efetividade dos ataques dos Interceptadores e Caças são definidos através do critério de aleatoriedade do Microsoft Excel®, contudo os confrontos diretos possuem sua configuração junto a uma fórmula “se” onde, de acordo com o valor aleatório gerado, cada interceptador tem: (i) 50% de abater no mínimo um bombardeiro; (ii) 20% de chance de abater dois bombardeiros; (iii) 1% de chance de abater três bombardeiros; e (iv) 0,5% de chance de abater quatro bombardeiros. A efetividade dos caças ingleses é a mesma. Há 20% de chances de um Interceptador ser abatido e ter seu piloto morto em combate. Há 40% de chances de apenas o Interceptador ser abatido e o piloto conseguir sobreviver não havendo maiores perdas. De forma geral, o protótipo do jogo consiste na primeira alternativa de modelagem de jogos baseados em computadores descrito por Klabbers (2003), ou seja, simulação pura de processamento de recursos com exemplos de modelos de “input-output”.

Um protótipo de jogo, desenvolvido no software Microsoft Excel® com as ferramentas disponibilizadas no “modo desenvolvedor” e programação em Visual Basic®, foi proposto para simular o cenário da Batalha da Grã-Bretanha (Figura 1). Esta simulação foi aplicada em uma forma de pré-teste com nove alunos voluntários da disciplina de Pesquisa Operacional da turma de 2014 do Curso de Administração e sugestões foram solicitadas no sentido de obter um maior entendimento das possíveis formas da modelagem do jogo.



Rodada 1																																			
Recursos Disponíveis Interceptadores 400 Caças 600 Pilotos 1000 Nível do Radar 1 Dinheiro 3000		Defender Bases <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norwich</th> <th>London</th> <th>Portsmouth</th> <th>Plymouth</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Interceptadores</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Caças</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Norwich	London	Portsmouth	Plymouth	Interceptadores	0	0	0	0	Caças	0	0	0	0	Previsão de Ataque <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norwich</th> <th>London</th> <th>Portsmouth</th> <th>Plymouth</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bombardeiros</td> <td>159</td> <td>138</td> <td>97</td> <td>117</td> </tr> <tr> <td>Caças</td> <td>211</td> <td>215</td> <td>133</td> <td>144</td> </tr> </tbody> </table>			Norwich	London	Portsmouth	Plymouth	Bombardeiros	159	138	97	117	Caças	211	215	133	144
	Norwich	London	Portsmouth	Plymouth																															
Interceptadores	0	0	0	0																															
Caças	0	0	0	0																															
	Norwich	London	Portsmouth	Plymouth																															
Bombardeiros	159	138	97	117																															
Caças	211	215	133	144																															
Pontos de Vida das Bases Norwich 100 London 100 Portsmouth 100 Plymouth 100		Produzir <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Intercept</th> <th>Caças</th> <th>Pilotos</th> <th>Radar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Intercept	Caças	Pilotos	Radar		0	0	0	0	Reconstruir Bases <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Norwich</th> <th>London</th> <th>Portsmouth</th> <th>Plymouth</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Norwich	London	Portsmouth	Plymouth		0	0	0	0										
	Intercept	Caças	Pilotos	Radar																															
	0	0	0	0																															
	Norwich	London	Portsmouth	Plymouth																															
	0	0	0	0																															
Custo total £0		Próxima Rodada Reiniciar Partida		Resultados da rodada anterior Mensagens de erro																															

FIGURA 1 - Tela inicial do jogo na planilha Excel

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Algumas etapas são fundamentais para realização e aplicação de um jogo de simulação como instrumento didático. Alguns elementos básicos são necessários, iniciando pelo instrutor, passando pelo grupo de participantes a ser subdividido em número conveniente de equipes, e pelo método ou programa computacional para simular o problema. A primeira aplicação do jogo proposto neste trabalho ocorreu com três grupos com três alunos voluntários da disciplina de Pesquisa Operacional da turma de 2014 do curso de Administração em cada grupo. Foi utilizado um laboratório de informática com o Software Excel® e o suplemento Solver instalado nos computadores, tendo sido a planilha contendo o modelo projetada na parede. O primeiro grupo foi responsável pela definição da defesa das bases, o segundo da quantidade a produzir e o terceiro da reconstrução, sendo que foram obrigados a tomar as decisões em conjunto, com o auxílio dos instrutores (Figuras 2 esquerda e direita).



FIGURA 2 – Planilha do Excel projetada no laboratório de informática (esquerda) e alunos voluntários utilizando a planilha (direita)

Apesar de os grupos em conjunto tenham conseguido resistir a quatro rodadas do ataque das forças alemãs e encontrarem um *bug* que permitia a reconstrução das bases mesmo após elas terem sido completamente destruídas, os grupos não tiveram a iniciativa de propor um modelo e tomar a decisão a partir do Solver. Assim, não havia decisão ótima. Este fato apresentou um primeiro alerta a respeito da evolução e das perspectivas de desenvolvimento dos jogos de simulação em Pesquisa Operacional. Analisando o problema durante a aplicação, outros fatores foram apontados como importantes: (i) o componente de aleatoriedade não permitia uma previsão razoável dos resultados de combate, e (ii) as forças inimigas contavam com uma superioridade numérica, não apenas inicial, como crescente a cada rodada, não podendo ser correspondida pelas forças aliadas. Assim, a aplicação foi muito importante para a identificação de possíveis melhorias para as versões subsequentes.

Além do exposto, as principais limitações encontradas foram: (i) que a forte dependência de resultados aleatórios inviabiliza o planejamento e execução de uma estratégia baseada em otimização, (ii) que reforços inimigos devem ser empregados com parcimônia, a fim de que o nível de dificuldade seja adequado. Um outro aspecto é a dedicação na definição de um objetivo pré-estabelecido (maximizar ou minimizar) com o auxílio de problemas consolidados de aprendizagem de Pesquisa Operacional para diminuir a variedade e complexidade da aplicação prática.

Com relação à percepção dos alunos quanto à importância da participação da experiência de simulação, um questionário foi proposto ao final do exercício, sendo que os alunos envolvidos, apesar de algumas ressalvas já apontadas, responderam positivamente à experiência, o que reforça as expectativas em relação ao potencial educacional da ferramenta conforme seja aperfeiçoada. O quadro 1 apresenta comentários sobre a experiência no jogo.

<i>“A experiência foi muito positiva, porém precisamos de um objetivo certo a atingir”</i>
<i>“Há grande potencial de melhorar o ensino com as técnicas de jogo em Pesquisa Operacional”</i>
<i>“A jogabilidade está boa e o layout está bom. Mesmo assim, o jogo parece estar desbalanceado e isso o torna extremamente difícil de jogar”</i>
<i>“Explicar o conteúdo do jogo e seus objetivos, em conjunto de um modelo matemático de Pesquisa Operacional pode tornar mais evidente o caráter pedagógico do jogo”</i>

QUADRO 1 – Alguns comentários dos alunos referentes à experiência com o jogo

De forma geral, a proposição do jogo assumiu uma limitação quanto à modelagem da batalha por razões de limitações tecnológicas de desenvolvimento de tal realidade. Não seria possível recriar fidedignamente o ambiente e as variáveis envolvidas na Batalha da Grã-Bretanha.

6. CONCLUSÃO

A proposição de um jogo de simulação é considerada uma inovação na área de Pesquisa Operacional, dado ao fato de não haver material disponível suficiente que discuta o assunto na literatura.

O lançamento de um jogo de simulação para o auxílio do ensino de Pesquisa Operacional avança com o presente trabalho ao demonstrarmos: (i) a escassez de referencial teórico; e (ii) o potencial acadêmico de uma ferramenta como a proposta. Porém, os resultados da primeira aplicação mostram que esta ferramenta desenvolvida, até o presente momento, ainda não é a forma ideal de jogo de simulação de Pesquisa Operacional. Dessa forma, faz-se mister que o objetivo educacional, desde que bem alinhado com modelos de Pesquisa Operacional, ainda sejam integrados na versão final do jogo, bem como novos testes e aplicações. Os próximos passos, em desenvolvimento, incluem a definição de um objetivo pré-estabelecido (maximizar ou minimizar) com o auxílio de problemas consolidados de aprendizagem de Pesquisa Operacional como citado acima para diminuir a variedade e complexidade da aplicação prática e aplica-lo em conjunto com outro modelo.

Os alunos envolvidos na aplicação responderam positivamente à experiência, o que reforça as expectativas em relação ao potencial educacional da ferramenta, contribuindo, assim, para o ensino desta disciplina no âmbito da Administração.

Agradecimentos: aos alunos voluntários da turma de Pesquisa Operacional de 2014 do curso de Administração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABB, E. M.; LESLIE, M. A.; SLYKE, M. D. V. **The Potential of Business-Gaming in Research.** The Journal of Business, Vol. 39, N° 4, p 465-472, out, 1966.

BUNGAY, S. **The Most Dangerous Enemy: A History of the Battle of Britain**. London. Aurum Press, p 370, 2000.

DEFINA, D. A. **Proposta de Treinamento da Tomada de Decisão com base na Estratégia: simulação empresarial aplicada em empresa do setor de transportes**. 2012. 166 f. (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Ciências Contábeis de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

FARIA, A. J.; HUTCHINSON, D.; WELLINGTON, W. J.; GOLD, S. **Developments in Business Gaming: A Review of the Past 40 years**. Simulation & Gaming, Vol. 40, N° 4, p 464-487, ago, 2009.

GREDLER, M. E. **Designing and Evaluating Games and Simulations: a process approach**. Gulf Publishing. Houston. 1994.

GRIFFIN, P. **The Use of Classroom Games in Management Science and Operations Research**. Informs Transactions on Education, Vol. 8, N° 1, p 1-2, set, 2007.

KLABBERS, J. H. G. **Gaming and simulation: Principles of a science of design**. Simulation & Gaming, Vol. 34, ed. 4, p 569-591. 2003.

KENNEDY, P. **Engenheiros Da Vitória: Os Responsáveis Pela Reviravolta Na Segunda Guerra Mundial**. Companhia das Letras. São Paulo. 2014.

KNABBEN, B. C.; FERRARI, F. A. **A Simulação Estratégica Como Alternativa de Treinamento para Tomada de Decisão**. Revista de Negócios, Vol. 1, N° 3, p 31-37, abr/jun, 1996.

MARTÍN, Q. M. **Investigación Operativa**. Prentice Hall. Madrid. 2003.

MARTINELLI, D. P. **A Utilização dos Jogos de Empresas no Ensino de Administração**. São Paulo: Revista de Administração, p 24-37, jul/set, 1988.

MCCLOSKEY, J. F. **The Beginnings of Operations Research: 1934-1941**. Operations Research, Vol. 35, N° 1, p 143-152, jan/fev, 1987.

MEADOW, D.; STERMAN, J.; KING, A. **Fishbanks: A Renewable Resource Management Simulation**. Disponível em: <<https://mitsloan.mit.edu/LearningEdge/simulations/fishbanks/Pages/fish-banks.aspx> >. Acesso em: 19 mar. 2015.

NIEMEYER, K. **Modelling and Simulation in Defence**. Information & Security. An International Journal, Vol. 12, N° 1, p 19-42, 2003.

PESQUISA OPERACIONAL. SOBRAPO. Disponível em: <http://www.sobrapo.org.br/o_que_e_po.php >. Acesso em: 19 mar. 2015.

SHEPHARD, R. W. **War Gaming as a Technique in the Study of Operational Research Problems**. Operational Research Quarterly, Vol. 14, N° 2, p 119-130, jun, 1963.

ZOLL, A. A. **Dynamic Management Education**. Reading. Addison-Wesley, Vol. 3, N° 2, 1969.