

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LYNCEO FALAVIGNA BRAGHIROLI

APRENDIZAGEM POR JOGO COMPUTACIONAL NA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Porto Alegre

2014

LYNCEO FALAVIGNA BRAGHIROLI

**APRENDIZAGEM POR JOGO COMPUTACIONAL NA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Porto Alegre

2014

LYNCEO FALAVIGNA BRAGHIROLI

**APRENDIZAGEM POR JOGO COMPUTACIONAL NA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.
Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. José Luis Duarte Ribeiro, Dr.
Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Morgana Pizzolato, Dra. (UFSM)

Professora Giovana Savitri Pasa, Dra. (UFRGS)

Professor Marcelo Cortimiglia, Dr. (UFRGS)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, pela paciência, incentivo e auxílio durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, José Luis Duarte Ribeiro, pelos conhecimentos transmitidos e pelo tempo dedicado à minha formação.

Ao meu colega e amigo, Marcelo Hoss, pelas discussões desde o início desta jornada.

À Universidade Federal de Santa Maria, por permitir minha dedicação em tempo integral no último ano de desenvolvimento desta pesquisa.

Aos membros da banca, pelas contribuições realizadas que enriqueceram o trabalho.

Aos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A busca pelo conhecimento sofreu modificações significativas nas últimas décadas. Nesse novo contexto social, as dificuldades enfrentadas pela estrutura tradicional de ensino representam oportunidades para os novos meios de aprendizagem. Entre tais dificuldades estão: a fragmentação do conhecimento, a desmotivação dos alunos e a crescente demanda pelo ensino de nível superior. A presente tese propõe o uso de jogos educacionais para suplantar essas dificuldades. A partir da concepção de que a capacidade de integração de conhecimentos deve ser trabalhada desde o início da formação dos alunos, propõe-se o uso de jogos educacionais no contexto do primeiro ano do curso de graduação em Engenharia de Produção. Essa proposição visa utilizar o potencial dos jogos apresentarem situações complexas sem desmotivar os jogadores, permitindo introduzir os alunos ingressantes no contexto de atuação desse profissional sem desmotivá-los. Ainda, tal proposta explora o potencial de utilizar os jogos como fonte de informação sobre a aprendizagem dos alunos, auxiliando o docente na identificação de eventuais dificuldades. Para tanto, desenvolveu-se um jogo educacional voltado para alunos ingressantes no curso de Engenharia de Produção. Com base na utilização desse jogo em turmas de primeiro ano, avaliou-se por meio de questionário a contribuição do jogo proposto para a aprendizagem e motivação dos alunos. Também se avaliou a receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais. Ainda, o potencial de uso dos dados coletados pelo jogo no auxílio ao docente foi avaliado com base na análise desses dados. Como resultado foi observado que os jogos educacionais retiram o foco do professor, dando-lhe liberdade para interagir de forma individualizada com os alunos; são capazes de promover aprendizagem e motivar; possuem boa aceitação por parte dos alunos, sendo a percepção de satisfação proporcionada pelos jogos fator preponderante à percepção de utilidade; e possuem informações úteis sobre a aprendizagem nos dados coletados durante a interação com os alunos. Assim, conclui-se que o uso de jogos educacionais como atividade introdutória no ensino superior de Engenharia é uma alternativa que agrupa importantes benefícios.

Palavras-chave: Jogos educacionais. Engenharia de Produção. Aprendizagem. Motivação.

ABSTRACT

The knowledge acquisition has changed in recent decades. In the new social context, the difficulties faced by traditional education represent opportunities for new ways of learning. Among such difficulties are: the knowledge fragmentation, the students lack of motivation and the growing demand for higher education. This thesis proposes the use of educational games to mitigate these difficulties in the first year of Industrial Engineering courses. This proposal is based on the potential of games to present complex situations without discouraging the players, allowing the introduction of freshman students to the context of this profession without dishearten them. In addition, this proposal explores the potential of using games as a source of information about learning and helping professors to identify student's misconceptions. Therefore, we developed an educational game for freshman students of Industrial Engineering. The contribution to learning and motivation was assessed by a questionnaire applied with the game. We also assessed by questionnaire the acceptance of educational games among students. The potential of using the data collected by the game to assist professors was determined based on analyzes of these data. As a result, it was observed that educational games: remove the focus from the professor, giving him freedom to interact individually with students; promote learning and motivate; have student's acceptance, more based on the perception of enjoyment than the perceived usefulness; and have useful information about learning on the data collected during student's interaction. Thus, we conclude that the use of educational games as an introductory activity in higher education congregates important benefits.

Keywords: Educational games. Industrial Engineering. Learning. Motivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processos básicos do condicionamento operante	23
Figura 2: Principais diferenças entre conceber a aprendizagem como um processo associativo ou construtivo	28
Figura 3: Triângulo da mediação instrumental, segundo Vygotsky	31
Figura 4: As duas dimensões da aprendizagem segundo Ausubel	33
Figura 5: Definição de jogos	40
Figura 6: Formas de avaliação com jogos.....	53
Figura 7: Avaliação da utilidade dos jogos educacionais	63
Figura 8: Questões referentes à aprendizagem dos conteúdos presentes no jogo	64
Figura 9: Avaliação da satisfação no uso de jogos educacionais	66
Figura 10: Avaliação da intenção de uso dos jogos educacionais	67
Figura 11: (a) Tela de apresentação do jogo; (b) Seleção da partida e definição do nome da empresa	72
Figura 12: (a) Tela de gerenciamento das partidas; (b) Tela com informações sobre as empresas do mercado.....	73
Figura 13: Tela principal do jogo	75
Figura 14: (a) Tela de instruções sobre o jogo; (b) Visualização da descrição das variáveis a partir da tela principal.....	77
Figura 15: Eficiência dos equipamentos para diferentes níveis de investimento e infraestrutura	84
Figura 16: Eficiência da mão de obra para diferentes níveis de investimento e quantidade de colaboradores	86
Figura 17: Aproveitamento da matéria-prima para diferentes quantidades e níveis de investimento	87
Figura 18: Demanda natural esperada para uma empresa ao longo do jogo.....	90
Figura 19: Efeito da variação da qualidade percebida, esforço de marketing e preço na variável <i>potencialMercado</i>	92
Figura 20: Histograma percentual da idade dos participantes.....	96
Figura 21: Percepção dos alunos sobre a aprendizagem decorrente da atividade.....	97
Figura 22: Percepção dos alunos sobre a motivação decorrente da atividade.....	100
Figura 23: Percepção dos alunos sobre a satisfação proporcionada pela atividade.....	100
Figura 24: <i>Boxplot</i> da variável <i>AjusteDemanda</i> ao longo dos 24 meses	106

Figura 25: <i>Boxplot</i> da infraestrutura das empresas ao longo dos 24 meses	108
Figura 26: <i>Boxplot</i> da variável <i>AjusteCapacidade</i> ao longo dos 24 meses.....	109
Figura 27: <i>Boxplot</i> da variável <i>EficiênciaInvestimentos</i> ao longo dos 24 meses	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a utilidade dos jogos educacionais para a aprendizagem.....	97
Tabela 2: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a satisfação proporcionada pelos jogos educacionais.....	101
Tabela 3: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a aceitação dos jogos educacionais.....	102
Tabela 4: Coeficientes da regressão linear para a intenção de uso dos jogos educacionais ..	102
Tabela 5: Decisões referentes ao preço por cenário	107
Tabela 6: Decisões referentes à infraestrutura por cenário	109
Tabela 7: Decisões referentes ao equilíbrio entre recursos.....	110
Tabela 8: Decisões referentes aos investimentos.....	111

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Delineamento da pesquisa	17
1.4	Delimitações da pesquisa	18
1.5	Estrutura da tese	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Teorias de aprendizagem por associação	21
2.1.1	Comportamentalismo	22
2.1.2	Cognitivismo	24
2.2	Teorias de aprendizagem por reestruturação	27
2.2.1	Construtivismo	27
2.3	O papel das disciplinas introdutórias nos cursos de graduação	34
2.4	Jogos educacionais	38
2.4.1	Jogos e simulação.....	41
2.4.2	Jogos e aprendizagem: fundamentos teóricos.....	43
2.4.3	Jogos e aprendizagem: evidências empíricas.....	49
2.4.4	Avaliação da aprendizagem através das informações contidas nos jogos.....	52
2.4.5	Uso de jogos no contexto da Engenharia de Produção	56
2.5	Considerações finais	59
3	MÉTODO DE PESQUISA	61
3.1	Desenvolvimento do jogo	61
3.2	Avaliação das contribuições do jogo proposto para o ensino	62
3.2.1	Método de análise dos dados contidos no questionário	62
3.2.2	Método de análise dos dados armazenados pelo jogo.....	67
4	O JOGO	69
4.1	Estrutura pedagógica da atividade em sala de aula	69
4.1.1	Objetivos pedagógicos da atividade.....	69
4.1.2	Etapas da atividade.....	70
4.2	Modelo matemático do simulador	80
4.2.1	Variáveis de decisão dos jogadores.....	81
4.2.2	Variáveis calculadas pelo simulador.....	83
5	RESULTADOS	96
5.1	Resultados obtidos a partir dos dados contidos no questionário	96
5.1.1	Evidências de aprendizagem.....	96
5.1.2	Evidências de motivação	99
5.1.3	Receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais	101
5.2	Resultados obtidos a partir dos dados armazenados pelo jogo	103
5.2.1	Análise do alinhamento entre os objetivos pedagógicos e os objetivos do jogo	103
5.2.2	Identificação de dificuldades enfrentadas pelos alunos.....	106
6	CONCLUSÃO	113

REFERÊNCIAS	115
APÊNDICE A – Material de apoio para o professor.....	126
APÊNDICE B – Material de apoio para os alunos.....	130

1 INTRODUÇÃO

A busca pelo conhecimento sofreu modificações significativas nas últimas décadas. Um dos fatores que contribuiu para esse fenômeno é o início da chamada era digital. Com a disseminação de novas tecnologias, um novo conjunto de meios de aprendizagem surgiu. Exemplos disso são profissionais interagindo com simuladores para testar e desenvolver suas habilidades, cursos de ensino à distância ou participação em fóruns de discussões *online* para obter e compartilhar conhecimentos. Nesse contexto social, as dificuldades enfrentadas pela estrutura tradicional de ensino representam oportunidades para os novos meios de aprendizagem.

O primeiro aspecto a ser destacado é a fragmentação do conhecimento. Tradicionalmente, os cursos de graduação, na sua tarefa de organizar os conhecimentos a serem transmitidos para os alunos, adotam uma estrutura de grade curricular baseada em componentes curriculares. Nessa estrutura, cada componente curricular é responsável por uma parcela da formação do aluno, e versa sobre um conjunto de conhecimentos afins, circunscritos dentro de um tema ou área de conhecimento. Essa forma de divisão reflete a tendência analítica da investigação científica, que divide o todo em partes para gerenciar a complexidade, gerando um grande volume de conhecimento sobre áreas ou temas específicos, que dão corpo às diferentes componentes curriculares. Em contra partida, essa tendência de divisão deve ser compensada pelo esforço de síntese, que recupera a visão do todo. Entretanto, no atual momento da ciência, parece haver uma percepção de que o processo de síntese tem sido pouco trabalhado (POMBO, 2005). Particularmente, quando a questão é a formação de novos profissionais em nível de graduação, o processo de síntese é fundamental para que os egressos dos cursos sejam capazes de articular os conhecimentos de diferentes áreas na solução de problemas reais. Nesse caso, a falta de síntese implica em dificuldades na atuação destes profissionais. A orientação para uma formação baseada em competências revela o resgate da síntese no processo de formação dos alunos, e atividades como o trabalho de conclusão de curso e o estágio curricular obrigatório são vistos como referências na consolidação da capacidade dos alunos em lidar com problemas reais (SANTOS, 2003). Porém, tal capacidade não depende apenas das atividades de final de curso, mas também do processo inicial de formação do aluno. Um dos desafios é proporcionar aos alunos ingressantes uma visão integrada e contextualizada dos conceitos abordados ao longo do curso, para que eles, durante seu processo de formação, percebam as relações entre conceitos de diferentes áreas. Sem essa visão inicial integradora, reforça-se a tendência de uma

aprendizagem fragmentada, onde o processo de síntese e integração fica sob responsabilidade apenas das atividades de final de curso.

Outro aspecto a ser destacado é a percepção de que os métodos tradicionais de ensino são pouco eficientes em capturar a atenção dos alunos e envolvê-los nas atividades acadêmicas (COLLER; SHERNOFF, 2009). De modo geral, o envolvimento dos alunos com as atividades acadêmicas relaciona-se positivamente com suas notas e sua permanência na universidade (KUH et al., 2008). Prensky (2001a) sintetiza a situação enfrentada atualmente pelos educadores através do seguinte desafio: ensinar uma geração que convive com a tecnologia desde a infância, acostumada com computadores, celulares com múltiplas funções e videogames interativos, entre outros recursos tecnológicos. Este ambiente em que a atual geração cresce produz como resultado indivíduos com características diferentes daquelas observadas nas gerações anteriores (PRENSKY, 2001b). Para esse autor, a nova geração possui como características: maior velocidade de aprendizagem, maior capacidade de realizar tarefas simultâneas, prefere acessar as informações de modo aleatório em hipertexto, possui facilidade e prefere trabalhar em redes de colaboração e busca gratificação instantânea e recompensas freqüentes (PRENSKY, 2001a). Essas características nem sempre são compatíveis com os modos tradicionais de ensino, desenvolvidos para uma geração com características distintas. Como resultado, o potencial dos métodos tradicionais de ensino engajarem e motivarem os alunos fica prejudicado, trazendo conseqüências negativas para sua vida acadêmica e podendo conduzir à evasão (REIS; DA CUNHA; SPRITZER, 2012).

Por fim, um terceiro aspecto diz respeito à crescente demanda social pela formação em nível superior, e a conseqüente expansão do número de vagas nas universidades brasileiras (LIMA, 2013). Neste momento de expansão, algumas características da prática docente têm se alterado; entre elas está o aumento do número de alunos por professor. Segundo o relatório divulgado pelo Ministério da Educação a respeito da expansão das universidades federais (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2012), o número de vagas ofertadas na graduação presencial passou de 109.184, em 2003, para 231.530, em 2011, representando um crescimento de aproximadamente 112%. Já o número de docentes passou de 49.851, em 2003, para 70.710, em 2011, representando um crescimento de aproximadamente 42%. Percebe-se por estes valores que o aumento no número de vagas ofertadas não foi acompanhado pelo número de docentes. Neste cenário de turmas com maior número de alunos, o acompanhamento individualizado dos alunos torna-se um desafio para o professor, situação que demanda repensar os métodos tradicionais na busca de suporte à atividade docente.

Entre os novos meios de aprendizagem proporcionados pela disseminação tecnológica, o uso de jogos computacionais no contexto do ensino é de particular interesse, podendo contribuir no enfrentamento das dificuldades apresentadas. Em geral, os jogos que utilizam recursos computacionais estão associados ao entretenimento, mas é possível observar casos em que eles possuem outras finalidades. Na literatura, a expressão “jogos educacionais” é utilizada para enfatizar o uso de jogos como facilitadores do processo de aprendizagem, colocando em segundo plano outros objetivos, como o entretenimento, por exemplo (GIANNAKOS, 2013; LIANG; SHI, 2012; WHITTON, 2012). Tal expressão possui sentido amplo, podendo incluir jogos que não utilizam recursos computacionais, como os jogos de tabuleiro. Dessa forma, a expressão “jogos computacionais educacionais” representa o objeto de análise desta tese, pois este trabalho enfatiza o uso de jogos computacionais como facilitadores do processo de aprendizagem. Entretanto, os estudos recentes sobre jogos educacionais normalmente versam sobre jogos que envolvem dispositivos eletrônicos. Dessa forma, visando facilitar a leitura, neste trabalho opta-se por utilizar a expressão “jogos educacionais”, assumindo um sentido restrito aos jogos que utilizam recursos computacionais, e utiliza-se a expressão “jogos computacionais” quando é necessário enfatizar a presença do aspecto computacional.

Pela sua capacidade de representar situações complexas e dinâmicas (SHAFFER et al., 2005), percebe-se potencial no uso dos jogos computacionais para apresentar com riqueza o contexto de atuação do engenheiro de produção aos alunos ingressantes. Os sistemas produtivos, objeto de estudo da Engenharia de Produção, caracterizam-se como sistemas cada vez mais complexos e dinâmicos e, portanto, necessitam de meios adequados para sua representação. Também, por serem familiares aos jovens e pelo seu potencial de motivação (PAPASTERGIOU, 2009), os jogos podem ser um meio viável de engajar os alunos ingressantes na aprendizagem de conceitos da Engenharia de Produção, despertando o interesse e motivando-os para o estudo dos conteúdos ao longo do curso. Assim, a primeira hipótese deste estudo é que os jogos educacionais podem contribuir para a aprendizagem e motivação dos alunos de primeiro ano. Conforme será apresentado no Capítulo 2, a literatura sobre esse tema apresenta escassez de artigos com foco no uso de jogos educacionais para alunos de primeiro ano de graduação. O uso de jogos educacionais nesse contexto parece ser promissor, visto a capacidade dos jogos computacionais representarem contextos complexos e despertarem a motivação dos alunos.

Embora os jogos computacionais estejam associados às novas gerações, é importante verificar se os alunos são receptivos ao uso de jogos no contexto do ensino universitário. Tal

aceitação pode sofrer influência da percepção dos alunos com relação à satisfação proporcionada pela atividade (GIANNAKOS, 2013; VENKATESH, 2000), assim como da percepção de utilidade para a aprendizagem (IBRAHIM et al., 2011; ONG; LAI; WANG, 2004; VENKATESH; BALA, 2008). Desse modo, a segunda hipótese deste estudo é que a receptividade dos alunos ao uso de jogos educacionais no contexto universitário seja positiva, sendo a percepção de satisfação e de utilidade dois fatores de influência. A partir da compreensão da influência desses fatores é possível atuar visando aprimorar o processo de ensino-aprendizagem através do uso mais intenso dos jogos educacionais no ensino superior, mais especificamente na Engenharia de Produção.

Ainda, os jogos educacionais têm sido vistos como um meio de superar as dificuldades impostas pelo crescimento da demanda pelo ensino de nível superior (MAYO, 2009), podendo ser utilizados como ferramenta de auxílio aos professores por fornecer informações úteis sobre o processo de aprendizagem dos alunos e direcionar os esforços do professor para pontos específicos da aprendizagem (LOH, 2012). Assim, a terceira hipótese deste estudo é que os jogos educacionais podem auxiliar os docentes na identificação das dificuldades de aprendizagem dos alunos a partir dos dados armazenados durante o jogo. A extração de informações sobre os alunos a partir de tais dados abre o potencial para o uso de jogos como uma forma de avaliação alternativa aos métodos tradicionais, com características práticas e dinâmicas. Ainda, o conhecimento gerado a partir de tais dados pode contribuir para o aprimoramento dos jogos educacionais, reforçando a importância da pesquisa desta hipótese.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desta tese é avaliar o uso de jogos educacionais no contexto do primeiro ano do curso de graduação em Engenharia de Produção.

Os objetivos específicos são:

- (i) propor um jogo educacional para o ensino de conceitos básicos da Engenharia de Produção;
- (ii) verificar a contribuição do jogo proposto para a aprendizagem e motivação dos alunos de primeiro ano;
- (iii) verificar a receptividade dos alunos de primeiro ano para o uso de jogos educacionais no contexto da Engenharia de Produção;

- (iv) verificar o potencial de uso dos dados contidos nos jogos educacionais para auxiliar o docente na identificação de dificuldades na aprendizagem dos alunos.

1.2 Justificativa

A sociedade em geral, e o sistema de ensino superior como parte dela, vêm sofrendo modificações profundas desde o início da chamada globalização, colocando o ensino no centro da sociedade do conhecimento (DIAS SOBRINHO, 2005). Neste período de mudanças e incertezas, é importante a reflexão e pesquisa sobre temas relacionados à educação. Particularmente, a revisão dos métodos de ensino tem sido um dos pontos sob discussão na busca pelo atendimento das novas demandas da sociedade contemporânea. Entre as alternativas existentes, o uso de jogos educacionais tem despertado interesse do meio acadêmico sob diferentes aspectos (CHIN; DUKES; GAMSON, 2009; CONNOLLY et al., 2012; DESHPANDE; HUANG, 2011; DONDLINGER, 2007), justificando seu uso neste trabalho. Um dos aspectos em que os jogos educacionais se diferenciam dos métodos tradicionais está na interatividade deles. Essa interatividade permite observar a capacidade do aluno interagir e mobilizar seu conhecimento na resolução de um problema dinâmico, visto que o jogo é capaz de reagir às ações ou decisões do jogador. Se, por um lado, os jogos exigem que o aluno exponha através de uma ação ou decisão sua compreensão sobre os desafios propostos pelo jogo, por outro, seu poder de processamento permite que uma grande quantidade de dados sobre o jogador seja armazenada. Em conjunto, essas características conferem aos jogos educacionais potencial como instrumento pedagógico e de avaliação. Entretanto, a extração de informações úteis desses dados não é trivial, existindo espaço na literatura para a investigação de meios que permitam interpretar tais dados com vistas à avaliação da aprendizagem dos alunos.

Entre os desafios enfrentados pelos educadores atualmente está o de preparar as novas gerações para entender e solucionar problemas complexos e difusos, decorrentes da maior integração entre indivíduos, empresas e nações. Este cenário de transformação, inclusive para as engenharias, demanda a renovação dos métodos de ensino. Entretanto, os avanços no campo da educação não são transferidos de forma direta para o sistema de ensino das demais áreas de conhecimento, o que exige um esforço por parte dos docentes e pesquisadores de outras áreas na apropriação e incorporação desses avanços. Sendo assim, esta pesquisa também se justifica na medida em que contribui para a análise e melhoria dos

métodos de ensino utilizados na engenharia, atualizando e renovando o processo de formação de engenheiros.

Ainda, os primeiros semestres do curso de graduação em Engenharia de Produção, foco deste trabalho, são responsáveis pela apresentação da profissão aos alunos ingressantes. Nesse período, a caracterização da profissão não pode resultar da apresentação fragmentada das suas áreas de conhecimento, mas requer a transmissão do contexto geral que dá sentido a cada uma dessas áreas, justificando e contextualizando esses conhecimentos. Às disciplinas do início do curso, cabe a apresentação inicial e a formação de uma visão integral do contexto desse profissional, que norteará o processo de aprendizagem dos alunos ao longo do curso, através do detalhamento progressivo dessa imagem inicial. Também depende fundamentalmente dessas componentes curriculares a motivação dos alunos pela continuidade no curso de graduação, visto que em geral os primeiros semestres compreendem predominantemente disciplinas do ciclo de formação básica, que não tratam de problemas específicos da área. Portanto, pela capacidade de representar contextos complexos e dinâmicos e pelo seu potencial de engajar e motivar os alunos, justifica-se o uso de jogos educacionais no contexto das disciplinas introdutórias, apresentando potencial de contribuição para o ensino da Engenharia de Produção.

Finalmente, esta tese também justifica-se pelo resultado concreto que proporciona aos docentes da Engenharia de Produção, uma vez que fornece uma atividade de ensino alternativa aos métodos tradicionais. A importância desse resultado pode ser percebida pelo custo de desenvolvimento de um jogo educacional (HAUGE; RIEDEL, 2012; MORENO-GER; BURGOS; TORRENTE, 2009; WALL; AHMED, 2008), decorrente principalmente da carga horária necessária para seu desenvolvimento. Outro obstáculo enfrentado no desenvolvimento de jogos educacionais é a necessidade de conhecimento em diferentes áreas. Para desenvolver tais jogos, não basta dominar o conteúdo a ser transmitido, também é necessário conhecer as questões pedagógicas que sustentam o uso de jogos no ensino, o processo de modelagem matemática do universo que cria o contexto do jogo, os fundamentos para o projeto da interface de comunicação com os alunos e as técnicas e ferramentas de programação que dão vida àquilo que foi projetado. Como consequência, é importante que o produto do esforço despendido para a construção de um jogo educacional não fique restrito ao professor ou pesquisador que o desenvolveu. Assim, esta pesquisa também se justifica na medida em que reúne recursos para o desenvolvimento de um jogo educacional que poderá ser utilizado por diferentes instituições de ensino.

1.3 Delineamento da pesquisa

Quanto aos seus objetivos, esta pesquisa classifica-se como descritiva (GIL, 2002; SANTOS, 2000), pois apresenta com riqueza de detalhes as contribuições do uso de jogos educacionais no contexto da Engenharia de Produção. A abordagem utilizada é predominantemente quantitativa (SANTOS, 2000), por utilizar principalmente métodos estatísticos na análise dos dados. Ainda, segundo os procedimentos de coleta, esta pesquisa se caracteriza como um levantamento (SANTOS, 2000), por buscar informações sobre a contribuição do uso de jogos educacionais diretamente no grupo de interesse, os alunos de primeiro ano.

Com vistas a alcançar os objetivos do trabalho, a presente pesquisa está estruturada em duas etapas. A primeira etapa aborda o desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino de conceitos da Engenharia de Produção, correspondente ao primeiro objetivo específico. Esta etapa é relevante para a presente pesquisa, pois garante domínio do pesquisador sobre a estrutura e características do jogo utilizado na etapa posterior. O jogo proposto é voltado para alunos ingressantes e visa permitir a participação de todos os alunos, independente do tamanho da turma, e dar liberdade ao professor para interagir de forma individualizada.

A segunda etapa consiste na aplicação do jogo proposto com alunos ingressantes do curso de Engenharia de Produção. Esta etapa envolveu 219 alunos da componente curricular de Introdução à Engenharia de Produção de três universidades do Rio Grande do Sul. A partir da interação dos alunos com o jogo, foram avaliadas, por meio de questionário, as evidências de contribuição desse jogo para a aprendizagem e motivação dos alunos, associado ao segundo objetivo específico. Também foi avaliada, por meio de questionário, a receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais, correspondente ao terceiro objetivo específico. Dois fatores de influência na aceitação dos alunos foram analisados: a percepção de utilidade para a aprendizagem e a percepção de satisfação promovida pelos jogos educacionais. Por fim, durante sua interação com o jogo desenvolvido, as decisões e desempenho dos alunos foram registrados pelo *software*, permitindo posterior análise. Com base nesses dados, buscou-se avaliar se um bom desempenho no jogo estava relacionado com a aprendizagem desejada, garantindo, dessa forma, que a estrutura proposta para o jogo conduz o aluno ao alcance dos objetivos pedagógicos. Também com base nesses dados, buscou-se identificar as lacunas de conhecimento dos alunos que dificultam a superação do desafio proposto pelo jogo, relacionado ao quarto objetivo específico. Quando analisados coletivamente, os dados

dos participantes permitem traçar perfis que caracterizam situações típicas enfrentadas pelos alunos. A descrição desses perfis auxilia o professor a identificar os aspectos que os alunos têm maior dificuldade para superar, permitindo uma ação direcionada para tais aspectos e a melhoria do jogo proposto.

1.4 Delimitações da pesquisa

A presente tese situa-se sob a sub-área Educação em Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008), como um estudo sobre práticas pedagógicas para o processo de ensino-aprendizagem em Engenharia de Produção. Embora existam outras práticas emergentes conquistando espaço no ensino de engenharia, como a aprendizagem baseada em problemas (RIBEIRO, 2008) e o uso de mapas conceituais (PEREIRA; PASINI, 2011), o foco deste trabalho restringe-se ao uso de jogos educacionais que utilizam recursos computacionais. Destaca-se que o jogo proposto apresenta aspectos da Engenharia de Produção associados à gestão de empresas, desconsiderando outros perfis de atuação desse profissional. Também, o jogo não tem a intenção de apresentar informações derivadas de casos reais, mas sim ilustrar de forma consistente algumas das variáveis influentes no contexto do engenheiro de produção. Assim, as equações que definem a interação dos alunos com o jogo foram criadas levando em consideração apenas os aspectos de interesse, desprezando-se outros fatores que podem estar presentes em alguns casos reais.

Ainda, nas três universidades pesquisadas, os alunos participantes eram de primeiro semestre, matriculados na componente curricular de Introdução à Engenharia de Produção, disciplina que apresenta aos alunos ingressantes as diferentes áreas da Engenharia de Produção. Como consequência, este estudo trata principalmente da aplicabilidade dos jogos educacionais com relação aos alunos ingressantes, de modo que a aplicação de jogos em fases posteriores da graduação pode apresentar resultados distintos. Outro aspecto a ser considerado é o fato das três universidades pesquisadas serem públicas, de modo que os resultados apresentados podem não ser representativos da realidade das universidades particulares.

Também deve se destacar que os resultados obtidos estão relacionados diretamente ao jogo utilizado durante esta pesquisa. Desse modo, as evidências observadas nesta pesquisa são dependentes das características de concepção e implementação deste jogo. Neste sentido, não se pretende aprofundar as discussões com vistas a mensurar a importância relativa de cada uma das suas características particulares, mas avaliar o impacto geral do jogo no processo de aprendizagem dos alunos. Durante esta pesquisa, a avaliação da aprendizagem

realizada através do jogo não esteve associada à avaliação somativa da disciplina, visto que os dados foram analisados posteriormente de forma agregada. Entretanto, algumas das discussões realizadas nesta pesquisa debatem o uso dos dados coletados pelo jogo com fins avaliativos.

1.5 Estrutura da tese

O presente capítulo apresenta o contexto e os objetivos deste trabalho, juntamente com sua justificativa. Em seguida caracteriza-se o método utilizado, as delimitações deste estudo e a estrutura da tese.

O Capítulo 2 contém a fundamentação teórica que sustenta o uso de jogos educacionais no ensino. Inicialmente, apresenta-se uma revisão sobre as teorias de aprendizagem por associação e por reestruturação, seções 2.1 e 2.2, respectivamente. Tais teorias apresentam diferentes visões sobre a aprendizagem e fornecem a base pedagógica para análise do uso de jogos no ensino. Em seguida, na seção 2.3, é apresentado o papel das disciplinas introdutórias nos cursos de graduação, enfatizando a importância da integração de conhecimentos e da motivação dos alunos. A seção 2.4 contém os trabalhos da literatura que abordam o uso de jogos no ensino. Essa seção discute a definição de jogos educacionais e sua relação com o conceito de simulação. Em seguida são apresentados os fundamentos teóricos para o uso de jogos educacionais, assim como evidências empíricas dos efeitos do seu uso. Ainda nessa seção, faz-se uma análise do uso dos jogos como forma de avaliação da aprendizagem, destacando os aspectos que caracterizam seu uso como um modo diferenciado de avaliação do conhecimento dos alunos. Essa seção encerra com a apresentação de trabalhos que propõem o uso de jogos no contexto da Engenharia de Produção. Por fim, o Capítulo 2 apresenta, na seção 2.5, as considerações finais sobre a literatura analisada, resumindo os pontos principais que sustentam o presente trabalho.

A apresentação detalhada dos materiais e métodos utilizados nesta pesquisa é realizada no Capítulo 3. Esse capítulo, assim como o método proposto, está estruturado em duas partes. Inicialmente, na seção 3.1, descreve-se os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do jogo proposto. Já a seção 3.2 contém a descrição dos materiais e métodos utilizados para avaliar as contribuições obtidas a partir da aplicação do jogo desenvolvido com turmas de primeiro ano.

O Capítulo 4 contém o resultado da primeira etapa do método de pesquisa. Esse descreve o jogo desenvolvido para o ensino de conceitos da Engenharia de Produção para

alunos ingressantes. Inicialmente, na seção 4.1, apresenta-se a estrutura pedagógica da atividade a ser realizada em sala de aula, que possui no jogo proposto seu elemento central. Em seguida, na seção 4.2, é detalhado o modelo matemático que estrutura o jogo.

No Capítulo 5 é analisada a contribuição do jogo proposto para o ensino da Engenharia de Produção, correspondente à segunda etapa do método apresentado no Capítulo 3. Esse capítulo está dividido em duas seções que correspondem à apresentação dos resultados obtidos a partir dos questionários e a apresentação dos resultados obtidos a partir dos dados armazenados pelo jogo.

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as conclusões deste trabalho. Esse último capítulo encerra com a apresentação das sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para que se possa vislumbrar o potencial de uso dos jogos educacionais no ensino, é importante compreender como ocorre o processo de aprendizagem e quais elementos estão envolvidos nesse processo. É com base nos conhecimentos da pedagogia e psicologia que se pretende analisar a relevância e contribuições do uso de jogos educacionais no ensino de Engenharia de Produção. Dessa forma, inicia-se este capítulo com a apresentação das principais teorias de aprendizagem presentes na literatura.

Conforme Pozo (1998, 2008), as diferentes teorias de aprendizagem existentes na literatura podem ser organizadas sob dois enfoques: teorias de aprendizagem por associação e teorias de aprendizagem por reestruturação. Para esse autor, o sistema de aprendizagem humano integra de forma hierárquica esses dois tipos de aprendizagem. Desse modo, a apresentação das principais teorias de aprendizagem seguirá esta divisão, facilitando a compreensão das características de aprendizagem.

2.1 Teorias de aprendizagem por associação

Segundo Pozo (2008), a base da aprendizagem por associação está no empirismo. Esse enfoque tem início nas idéias de Aristóteles de que a origem do conhecimento está na experiência sensorial e, dessa forma, o conhecimento não é inato ao indivíduo. O acúmulo de experiências permite que, por associação entre estímulos, o conhecimento surja (o conhecimento do sujeito é o resultado das associações que ele fez). A analogia proposta por Aristóteles é que ao nascer somos como uma *tabula rasa*, tábua de cera na qual se pode escrever a partir de incisões, de modo que cada experiência gera uma marca nessa tábua, e a união destas marcas gera o verdadeiro conhecimento. Originalmente, nas proposições de Aristóteles, o processo a partir do qual o conhecimento surge é governado pelas leis da associação: a contigüidade, que se refere ao tempo, propondo que o que ocorre simultaneamente tende a associar-se; a similitude, indicando a ocorrência de associações quando se percebe a semelhança; e o contraste, que se refere à ocorrência de associação entre elementos devido à percepção de suas diferenças.

A concepção empirista de aprendizagem, segundo Pozo (2008), consiste na extração de regularidades do ambiente externo, de forma que o conhecimento é apenas uma cópia da estrutura real do mundo. Sob o enfoque do empirismo, teorias de aprendizagem com foco na associação, como o comportamentalismo e o cognitivismo, desenvolveram-se e aprimoraram

as leis da associação com o propósito de ampliar a capacidade do homem em reproduzir o mundo exterior.

2.1.1 Comportamentalismo

De acordo com Gredler (2009), o comportamentalismo, também chamado de behaviorismo ou condutismo, foi proposto por John B. Watson, em 1913, como uma forma de superar a falta de métodos de pesquisa para abordar a consciência e os processos mentais, situação que afastava a psicologia do rigor científico das ciências naturais. Com o foco no comportamento, e deixando de lado o universo interno do indivíduo, diferentes teorias foram formuladas para investigar a aprendizagem. Primeiramente, o foco destes estudos recaí sobre o comportamento observável e não sobre o processo mental interno do indivíduo. Assim, muitos estudos comportamentalistas estão baseados em comportamentos de outros animais e não humanos. Também, o comportamento deve ser estudado em termos dos seus elementos mais simples, sendo caracterizado pela associação entre um estímulo específico e uma resposta específica. Nesse sentido, a aprendizagem é vista como uma mudança no comportamento, onde uma resposta em particular passa a ser associada com a ocorrência de um estímulo em particular, ocorrendo na presença desse estímulo. Merriam, Caffarella e Baumgartner (2007) acrescentam que nesta perspectiva o ambiente formata o comportamento, associação entre estímulo e resposta, e, portanto, são os elementos do ambiente que determinam o que será aprendido. Ainda segundo os autores, os princípios da contigüidade, quão perto no tempo dois eventos devem estar para que estes possam se associar, e o reforço, forma de aumentar a probabilidade que um determinado evento se repita, são fundamentais para o processo de aprendizagem.

Entre os principais autores comportamentalistas estão Ivan Pavlov, Edward Thorndike e Burrhus Frederic Skinner. Pavlov contribui com o chamado condicionamento clássico, onde, segundo Ríó (1996), foi demonstrado que uma resposta de natureza involuntária, chamada de reflexo, poderia ser controlada pelo ambiente externo. Exemplo disso é o célebre experimento onde o reflexo de salivação de um cachorro (resposta) é provocado mediante um som (estímulo), na ausência de qualquer alimento. Esta nova associação caracteriza a aprendizagem ocorrida. A partir dessa descoberta se passou a crer na possibilidade de descobrir em laboratório as causas de comportamentos mais complexos (GREDLER, 2009).

O trabalho de Thorndike, conhecido como conexionismo, difere do condicionamento clássico de Pavlov por lidar com reações voluntárias, e não com reflexos involuntários preexistentes no organismo (GREDLER, 2009). O experimento elaborado por Thorndike consistia em confinar um animal em uma gaiola com comida no lado de fora, e a tarefa do animal era sair da gaiola. Para tanto, o animal precisava acionar um mecanismo para abrir a gaiola. Observou-se que após diferentes tentativas, como arranhar ou morder a gaiola, eventualmente o animal acionava o mecanismo e conseguia a comida. Os comportamentos que não estavam relacionados com a abertura da gaiola ocorriam com menor frequência nas tentativas subsequentes, de modo que o tempo para abrir a gaiola diminuía. Assim, esse experimento ilustra a aprendizagem de reações voluntárias.

Segundo Merriam, Caffarella e Baumgartner (2007), o comportamentalismo foi em grande parte estruturado como uma teoria da aprendizagem por Skinner, com a chamada teoria do condicionamento operante. As pesquisas de Thorndike serviram de base para Skinner propor sua teoria, que entende que as consequências obtidas após uma ação são fundamentais para a aprendizagem. Para Skinner, estar dentro da gaiola é considerado o estímulo que deve disparar a resposta, que consiste no acionamento do mecanismo. A obtenção de alimento ao realizar o comportamento desejado serve de reforço para a realização desse comportamento. Neste contexto, utiliza-se a expressão reforço para indicar uma consequência que aumenta a probabilidade de ocorrência de um comportamento. Os efeitos que diferentes tipos de consequências podem ter são apresentados na Figura 1. Quando um reforçador positivo, algo agradável, ocorre após uma determinada ação, este fortalece a repetição do comportamento. Por outro lado, também é possível fortalecer determinado comportamento retirando-se um reforçador aversivo, algo desagradável, após a realização da mesma. Nesse caso, o reforço é chamado de reforço negativo, embora o resultado seja o aumento da probabilidade de ocorrência do comportamento obtido como resposta. De forma similar, o chamado castigo pode decorrer da retirada de um reforçador positivo ou pela apresentação de um reforçador aversivo e, em ambos os casos, diminui a chance de ocorrência da resposta. Ainda, a não ocorrência de consequências também inibe a presença da resposta.

		Procedimento	
		Apresentação	Retirada
Tipo de consequência	Reforçadores positivos	Reforço positivo (fortalece resposta)	Castigo por retirada (debilita resposta)
	Reforçadores aversivos	Castigo por apresentação (debilita resposta)	Reforço negativo (fortalece resposta)
	Não há consequências	Extinção (debilita resposta)	

Figura 1: Processos básicos do condicionamento operante

Fonte: Ríó (1996, p. 30)

Devido à importância dada às consequências de uma ação, Skinner propôs o uso de máquinas de ensinar e computadores como forma de prover sequências de instruções e o reforço imediato necessário à aprendizagem. As máquinas de ensinar, que consistiam em dispositivos mecânicos, eram vistas como a antecipação dos computadores, mas já eram capazes de criar um ambiente onde o aluno recebia retorno imediato se a resposta estava correta e progredia de questões simples para complexas de acordo com seu próprio ritmo (GREDLER, 2009). Dessa forma, não estaria apenas a cargo do professor fornecer os inúmeros reforços necessários para estabilizar uma aprendizagem. Entretanto, o interesse nessas máquinas foi restrito, em parte pelo desenvolvimento dos computadores, que não apenas ofuscaram o uso desses equipamentos, mas contribuíram para deslocar o foco das teorias de aprendizagem para o universo interno do indivíduo.

2.1.2 Cognitivismo

Embora o comportamentalismo tenha sido dominante durante certo tempo, outras linhas de pesquisa com foco nos processos mentais sempre estiveram presentes, como a Gestalt, por exemplo. Mas foi com o desenvolvimento dos computadores, com sua capacidade de manipular, transformar e armazenar informação, que um modelo capaz de representar os processos mentais surgiu. Dessa forma, as pesquisas sobre aprendizagem passaram a incluir esse aspecto, até então desconsiderado pelo comportamentalismo.

Entretanto, segundo Pozo (1998), há que se fazer uma distinção entre duas linhas distintas dentro do cognitivismo. Apesar de ambas lidarem com os processos mentais, o cognitivismo americano, baseado no processamento de informação, e foco desta seção, difere do cognitivismo europeu por ainda estar baseado em princípios associacionistas, enquanto o último tem como base o construtivismo, que será apresentado na seção 2.2.

A teoria do processamento de informações parte da comparação da mente humana com a estrutura básica de um computador. Dessa forma, o ser humano consistiria em um sistema de processamento com propósitos gerais, capaz de recolher informações do ambiente e processar essas informações através da manipulação de símbolos mediante regras sintáticas, tomando decisões com base em algum tipo de cômputo. Este enfoque conduziu a um estudo quase que exclusivo da memória, colocando de lado, em certo grau, o processo de aprendizagem (POZO, 1998; SIERRA; CARRETERO, 1996).

Conforme Pozo (2008), a estrutura principal da mente humana, segundo a concepção clássica da teoria do processamento de informação, seria constituída por dois sistemas de

memória interconectados: a memória de trabalho (curto prazo) e a memória permanente (longo prazo). Embora outros elementos estejam presentes, estes dois sistemas são de particular interesse. A memória de trabalho é responsável por conservar disponíveis determinadas informações necessárias à execução das diversas tarefas que realizamos. Nesse sentido, ela também pode ser vista como um processo capaz de ativar os recursos necessários para a realização de uma tarefa. Entretanto, a quantidade de elementos de informação que a memória de trabalho é capaz de manter simultaneamente ativos é pequena, sendo que em uma pessoa normal adulta fica em torno de sete elementos (MILLER, 1956). Para o autor, é devido a esta limitação que tarefas relativamente simples, como multiplicar 32 por 17, são difíceis de realizar sem algum tipo de memória externa, como lápis e papel, que “ampliam” a nossa memória de trabalho. Outro aspecto restritivo da memória de trabalho diz respeito ao tempo, uma vez que as informações nela armazenadas permanecem apenas cerca de 20 a 30 segundos, a menos que sejam reforçadas por repetição. Exemplo disso são as situações onde em poucos segundos, antes que se possa telefonar, já se esqueceu o número do telefone recém lido. Nessa situação, percebe-se que de fato não houve uma aprendizagem do número do telefone, pois a lembrança desse não é duradoura.

O processo de aprendizagem exige que a informação processada na memória de trabalho seja transferida para a memória permanente. A memória permanente é vista como um sistema quase ilimitado, tanto em capacidade quanto em duração. Entretanto, esse sistema não é preciso e mecanicista como o de um computador, capaz de recuperar com exatidão o que foi armazenado. A memória permanente humana armazena uma diversidade de representações, se caracteriza como um sistema dinâmico, orgânico, que se modifica com o tempo, onde nem sempre é possível recordar com exatidão o que se viveu ou aprendeu (POZO, 2008).

Porém, quando combinados, esses dois sistemas de memória resultam na capacidade de aprendizagem da espécie humana. Alguns mecanismos facilitam que as informações armazenadas na memória permanente sejam processadas pela memória de trabalho (POZO, 2008). Um desses mecanismos é a condensação das informações em blocos. Esse mecanismo associativo une elementos de informação que tendem a ser utilizados juntos, de modo que esses elementos são percebidos pela memória de trabalho como um único elemento, ampliando, assim, a capacidade da memória de trabalho. Outro mecanismo é a automação do conhecimento, que ocorre com a realização repetida de uma sequência de ações. A prática repetida de uma tarefa acaba por conferir certo automatismo na sua execução, reduzindo a necessidade de esforço e atenção. Por exemplo, o processo de resolução de uma equação, quando realizado por um aprendiz, exige que este avalie a cada etapa qual o próximo passo.

Suas ações são governadas por um processo totalmente consciente. Quando essa tarefa é realizada por alguém experiente, a decisão sobre como proceder ocorre de forma automática. Suas ações requerem um grau de atenção menor, pois ocorrem com base em informações armazenadas em sua memória permanente que são acionadas sequencialmente.

A teoria cognitivista do processamento de informação é também um modelo associacionista de aprendizagem (POZO, 1998, 2008). Assim como as demais teorias baseadas no associacionismo, a concepção cognitivista baseada na teoria do processamento de informação é incapaz de explicar a existência de significado nos elementos de informação processados na memória de trabalho (POZO, 1998), da mesma forma que um computador é incapaz de compreender o significado da informação processada. Nesse sentido, a aprendizagem por reestruturação, apresentada na próxima seção, fornece uma estrutura teórica voltada para a construção de significados.

Antes de abordar a aprendizagem por reestruturação, será apresentado um modelo baseado no comportamentalismo e no processamento de informações que aplica tais teorias no contexto do ensino. Robert M. Gagné foi um dos estudiosos que se preocupou em transferir as descobertas do cognitivismo para a sala de aula. Sua obra tem foco no projeto de materiais instrucionais que utilizem de forma eficiente os recursos cognitivos disponíveis nos aprendizes. Entretanto, sua obra também possui características do comportamentalismo (GREDLER, 2009), pois também compreende que a aprendizagem envolve uma mudança no comportamento observado a partir de um estímulo. Gagné utiliza a teoria do processamento de informações para aperfeiçoar o processo de modificação no comportamento, visto como uma relação entre estímulo e resposta. Desse modo, Gagné propõe nove eventos para uma atividade instrucional eficiente, seja uma aula, um curso *online* ou um livro, que correspondem a situações no meio externo que desencadeiam processos importantes do processamento de informações interno ao aluno (GAGNÉ et al., 2005).

Os nove eventos de Gagné são: capturar a atenção, informar os aprendizes dos objetivos da aprendizagem, estimular a lembrança dos pré-requisitos para a aprendizagem, apresentar o material, guiar a aprendizagem, obter desempenho, fornecer *feedback* sobre a adequação do desempenho, avaliar o desempenho, melhorar a retenção e a transferência. Conforme Gagné et al. (2005), esses eventos representam um guia para o desenvolvimento de materiais instrucionais; entretanto, nem sempre todos estes eventos estarão presentes em uma determinada unidade de aprendizagem. Ainda, pode ser que no projeto instrucional existam uma ou mais atividades para cada um desses eventos.

2.2 Teorias de aprendizagem por reestruturação

As teorias de aprendizagem por reestruturação divergem da concepção empirista de que o conhecimento é puro reflexo do mundo exterior. Segundo Pozo (2008), as teorias de aprendizagem por reestruturação se apóiam na concepção construtivista sobre a origem do conhecimento. Do ponto de vista filosófico, a antítese do empirismo é o racionalismo, que entende que o conhecimento é inato ao homem e, portanto, a aprendizagem consiste em trazer para a consciência aquilo que, mesmo sem saber, já era sabido. Como consequência, o racionalismo não fomentou desenvolvimentos significativos de teorias de aprendizagem. Entretanto, o racionalismo contribuiu para o desenvolvimento do construtivismo, de modo que o construtivismo pode ser visto em uma posição intermediária entre as visões racionalistas e empiristas. No construtivismo, o conhecimento decorre da interação entre as novas informações e as representações anteriores, preexistentes no indivíduo, na formulação de modelos representativos do ambiente externo. Tais modelos seriam como mapas que auxiliam na interação com a realidade, mas nunca a representam de forma completa e perfeita. Tal proposição se assemelha ao racionalismo por aceitar a existência de restrições ou disposições prévias existentes no indivíduo, seja de ordem filogenética, cultural ou de desenvolvimento pessoal, mas se distingue dele pelo fato de assumir a participação do ambiente na formação dessas estruturas básicas, se assemelhando ao empirismo. Por outro lado, é distinto do empirismo por defender que o conhecimento é apenas um modelo.

A partir da concepção construtivista do conhecimento, situada no campo da filosofia, deriva-se um construtivismo educacional, ou psicológico, que esclarece os processos mediante os quais ocorre a estruturação desses modelos e, portanto, a aprendizagem. Diferentemente das teorias de aprendizagem por associação, que engloba o comportamentalismo e o cognitivismo como duas linhas teóricas distintas, as teorias de aprendizagem por reestruturação, atualmente, ainda são agrupadas apenas sob o rótulo construtivista. Desse modo, o construtivismo, apresentado a seguir, constitui-se como o próprio corpo de teorias de aprendizagem por reestruturação, permitindo a comparação direta com as teorias associacionistas para evidenciar suas características particulares.

2.2.1 Construtivismo

Para Pozo (2008), a aprendizagem construtivista é caracterizada pela reestruturação consciente dos conhecimentos prévios. Nesse sentido, não é apenas a influência dos

conhecimentos anteriores sobre as novas aprendizagens que caracteriza o construtivismo, pois essa influência também ocorre no comportamentalismo (um animal com experiência prévia tende a abrir uma nova gaiola com maior facilidade) e no cognitivismo (memorizar um novo número de telefone é mais fácil quando parte desse número já é familiar). É o caráter intencional da construção de novas representações que reestruturam o significado dos conhecimentos prévios, seja para solucionar um novo problema ou para dar sentido a uma nova informação, que caracteriza uma aprendizagem genuinamente construtivista. O indivíduo toma consciência de seus modelos e os altera deliberadamente para dar sentido às novas informações.

Ainda segundo o autor, as diferenças entre as teorias de natureza associacionista e o construtivismo podem ser ilustradas a partir da Figura 2. No enfoque associacionista, o ambiente é decomposto em elementos (estímulo e resposta ou unidades de informação) associados entre si com distintas probabilidades, sendo o sujeito um conjunto de associações moldadas pelo ambiente, capaz de reproduzir respostas já formuladas. O processo de aprendizagem caracteriza-se como uma mudança quantitativa nas probabilidades de resposta, decorrente das associações proporcionadas pelas situações de aprendizagem. Por outro lado, o enfoque construtivista preocupa-se com as estruturas (teorias ou modelos) das quais as novas informações fazem parte. Nesse sentido, é necessária a participação ativa do sujeito para modificar suas estruturas internas, resultando em mudanças qualitativas no significado dos elementos. O sujeito não apenas se molda a uma realidade concreta, mas se reconstrói nesse processo. Como essas estruturas e modelos são usados para interpretar a realidade, modificá-los é modificar a sua visão, é modificar a si mesmo. Essa reestruturação interna amplia o potencial de uso dessas estruturas, ou modelos, permitindo resolver problemas que até então não era possível solucionar, ou gerar novas respostas para problemas já resolvidos.

	Associacionismo	Construtivismo
Unidade de análise	Elementos	Estruturas
Sujeito	Reprodutivo Estático	Produtivo Dinâmico
Origem da mudança	Externo	Interno
Natureza da mudança	Quantitativo	Qualitativo
Aprendizagem por	Associação	Reestruturação

Figura 2: Principais diferenças entre conceber a aprendizagem como um processo associativo ou construtivo
Fonte: Pozo (2008, p. 140), traduzido pelo autor

Jean Piaget é considerado um dos autores precursores do construtivismo. Suas pesquisas voltaram-se ao estudo da lógica naturalmente existente no ser humano. Dado esse objetivo, ele buscou compreender como ocorre o desenvolvimento do pensamento lógico

desde a infância, distinguindo os processos racionais que ocorrem em crianças e adultos. Entre as contribuições de Piaget está a descrição dos processos fundamentais para a aquisição de conhecimento: assimilação, acomodação e equilíbrio (GREDLER, 2009). A assimilação corresponde ao processo de incorporação de um elemento externo em um esquema preexistente no sujeito. Esse tipo de relação entre uma nova informação e o esquema já existente não implica em modificações nesse esquema, porém também não pode ser descrito como uma cópia dessa informação. Nesse processo, o sujeito, ao confrontar a nova informação com o esquema preexistente, julga desnecessária qualquer alteração, ou ao menos não percebe possíveis inconsistências. Pode-se dizer que nesse caso o elemento externo está subordinado ao esquema preexistente, de forma que as características desse esquema são atribuídas a esse elemento. O segundo processo, acomodação, envolve a reestruturação do conhecimento prévio. Nesse caso, ocorrem mudanças estruturais no conhecimento, alterando a compreensão sobre determinado domínio. Pode-se dizer que o esquema prévio está submetido ao elemento externo, onde esse elemento impõe suas características sobre o esquema existente. Dessa maneira, as características do ambiente externo são incorporadas pelo sujeito, adequando seus esquemas à realidade. Tanto a assimilação quanto a acomodação ocorrem em função do processo de equilíbrio, que evita que o sujeito altere seus modelos a cada nova informação ao mesmo tempo em que incorpora as modificações importantes. Conforme Pozo (1998), a equilíbrio visa reduzir os equívocos de interpretação do sujeito, através do uso adequado da assimilação e da acomodação. A necessidade desse processo surge do conflito cognitivo, situação em que o indivíduo percebe que possui duas visões distintas sobre a realidade e que apenas uma delas pode ser verdadeira. Nessa situação, surge a necessidade de conciliar essas visões, seja pelo equilíbrio entre os esquemas que o sujeito possui e os fatos que assimila, ou entre os diversos esquemas que o sujeito possui.

Uma nova informação pode implicar em quatro situações distintas de construção, ou reconstrução, do conhecimento prévio (POZO, 2008). A primeira opção é a assimilação da informação, sem alteração de seus esquemas. Nessa situação a nova informação se adéqua perfeitamente em uma estrutura preexistente. A segunda opção é a percepção de pequenas anomalias, que fazem com que parte da nova informação seja adicionada ao conhecimento existente, aumentando o nível de detalhe de um determinado esquema, mas sem modificá-lo. A terceira reação às novas informações pode ser um ajuste dos conhecimentos prévios. Esse tipo de alteração normalmente decorre da insistência das novas informações em contradizer os modelos existentes, induzindo o sujeito a aceitar a necessidade de ajuste. Esse ajuste pode ocorrer em função da generalização, onde as exceções são agrupadas em um esquema mais

geral construído a partir de outros já existentes, ou discriminação, onde as exceções são agrupadas em um esquema derivado da divisão de um esquema já existente. Finalmente, a quarta situação refere-se à completa reestruturação dos conhecimentos prévios, quando estruturas até então incompatíveis são reorganizadas em uma nova estrutura de modo a dar sentido àquilo que até então não apresentava qualquer tipo de relacionamento. Este tipo de modificação no conhecimento não é tão frequente quanto as anteriores, e é melhor caracterizado como um processo do que como um momento na aprendizagem. Tais reestruturações demandam tempo, mas seus resultados têm profundas implicações na compreensão do indivíduo sobre uma determinada área de conhecimento.

Outro pesquisador que tem contribuições significativas para o construtivismo é Lev Semenovitch Vygotsky. Segundo Gredler (2009), o entendimento do intelecto humano era um problema central nas pesquisas de Vygotsky, por compreender que a tarefa da psicologia era investigar as características especiais e únicas dos seres humanos. Vygotsky possuía uma visão particular sobre a natureza da inteligência humana e sobre seu processo de desenvolvimento. Primeiramente, para Vygotsky, não é possível compreender o comportamento humano a partir de estudos com animais, se opondo a grande parte das pesquisas com enfoque comportamentalista. Outro aspecto fundamental é a sua percepção de que o processo racional é a forma que os humanos utilizam para dominar seu comportamento. Visto dessa forma, o intelecto surge como uma maneira de fugir do imediatismo das relações de estímulo e resposta, que limitam as reações do indivíduo aos estímulos apresentados momento a momento. Por exemplo, uma criança de dois anos responde apenas aos estímulos presentes no ambiente, é dominada pela sua percepção, de modo que a presença de uma escada induz a criança a subir nela. Posteriormente, em idade escolar, a atenção não coincide com a percepção do ambiente, e a memória tem papel principal nas respostas da criança. Ao se desenvolverem, elas atuam não mais em função daquilo que lhes rodeia no instante presente, mas principalmente em função de referências presentes em suas memórias. Desse exemplo, também se percebe o foco nas mudanças qualitativas dos processos cognitivos ao longo do desenvolvimento, característico das visões construtivistas.

A libertação do instante presente, na visão de Vygotsky, ocorreu a partir do desenvolvimento e uso de ferramentas. Assim como o homem desenvolveu ferramentas para dominar e transformar materialmente o mundo a sua volta, ao longo da sua evolução, ele também desenvolveu os chamados instrumentos psicológicos. Os instrumentos psicológicos são sinais e símbolos que direcionam a mente e alteram o processo de pensamento. Conforme exposto por Alvarez e Ríó (1996), esses instrumentos psicológicos alteram a relação

imediatista entre estímulo (E) e resposta (R), criando um sinal (X) dotado de significado, que é capaz de representar estímulo e resposta, conforme Figura 3. O exemplo proposto pelos autores ilustra esse conceito. Alguém pede emprestado um livro que o indivíduo possui, mas esse livro está na sua casa. Nessa situação, no instante presente, a resposta desejada (emprestar o livro) não pode ser realizada: não é possível reagir ao estímulo encontrado. Então, no instante presente, o indivíduo cria um sinal, como riscar com caneta um “x” no dorso de sua mão ou fazer uma anotação em sua agenda, representando a resposta desejada. No futuro, quando estiver em casa, ao tomar contato com o sinal, esse representará o estímulo para a resposta desejada, lembrando o sujeito de pegar o livro para emprestar. O processo de internamente forçar que um sinal externo lembre o indivíduo de algo e a capacidade do cérebro de retornar às ideias originais a partir da percepção desses sinais externos são eventos exclusivamente humanos na percepção de Vygotsky (GREDLER, 2009).

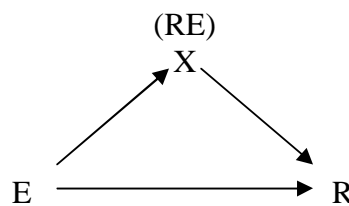


Figura 3: Triângulo da mediação instrumental, segundo Vygotsky
 Fonte: Alvarez e Rfo (1996, p. 81)

A capacidade de deliberadamente atribuir significados aos sinais externos diferencia o comportamento humano do comportamento dos outros animais. Dessa forma, o homem não adquiriu sua condição apenas por uma questão biológica, ou genética, mas também por ter adquirido controle sobre seu pensamento a partir de símbolos artificiais criados por ele mesmo. Conforme relata Gredler (2009), a história do desenvolvimento desses instrumentos psicológicos seria, na visão de Vygotsky, a história do desenvolvimento intelectual do homem ao longo do tempo. Ainda, Vygotsky também conclui que o desenvolvimento do indivíduo, com relação ao seu intelecto, estaria limitado pela complexidade dos sistemas de símbolos da cultura na qual o indivíduo se insere. Esses instrumentos psicológicos têm influência no desenvolvimento das crianças, pois elas herdam os sistemas de símbolos e, no processo de uso deles, aprendem a condicionar seus pensamentos. Como a apropriação desses sistemas de símbolos somente pode ser adquirida através da interação com outros indivíduos que já dominam esses sistemas, Vygotsky atribui elevada importância às interações sociais que promovem a transferência dessa herança cultural. Dessa forma, o comportamento de um indivíduo adulto é resultado de uma evolução biológica, que o coloca na condição de humano,

e da evolução histórico-cultural, que determina os sistemas de símbolos que ele é capaz de utilizar.

Para Pozo (1998), Vygotsky compartilha com Piaget uma visão da aprendizagem voltada para a construção de significados, negando que os significados estejam na realidade externa esperando para serem abstraídos por procedimentos indutivos. Entretanto, Piaget percebe a construção de significados como um processo autônomo do indivíduo, que constrói os significados individualmente. Já Vygotsky entende que os significados são interiorizados por cada indivíduo de forma particular a partir do meio social externo. Os significados são herdados do meio social por um processo de interiorização, onde uma atividade que inicialmente ocorre num nível interpessoal, com duas ou mais pessoas, passa a ter um correspondente mental interno. Por exemplo, quando um bebê estende a mão para alcançar um objeto que está distante, sua mãe interpreta aquele gesto e lhe alcança o objeto. Aos poucos essa relação no meio social vai se interiorizando, de forma que o bebê ao estender o braço para alcançar um objeto, não direciona sua atenção ao objeto, mas a sua mãe. Nessa situação, o movimento de pegar se transforma no ato de indicar, dotado de significado próprio, sendo essa transformação possível somente devido à interação com outro indivíduo que já atribuía determinado significado a tal gesto.

Se Piaget está no extremo oposto das aprendizagens associativas, negando a relevância das associações para a aprendizagem, Vygotsky se situa em uma posição intermediária, buscando certa integração entre a aprendizagem por associação e a aprendizagem por reestruturação. Segundo Pozo (1998), a teoria da aprendizagem de Vygotsky, embora sob certos aspectos seja uma teoria inacabada, complementa a visão de Piaget e contribui especialmente por possuir uma visão integradora entre os conceitos espontâneos e os conceitos científicos. Os conceitos espontâneos são formados pelo indivíduo agrupando objetos segundo características semelhantes, através de processos associativos. Entretanto, nesse nível de compreensão, o indivíduo não possui plena consciência de quais as características que definem tal conceito. Portanto, esses atuam como referências aos objetos a partir dos quais foram adquiridos e definidos, carecendo de um grau maior de abstração. Já os conceitos científicos possuem relação especial com os objetos, pois se baseiam na interiorização da essência do conceito. Estes são adquiridos a partir de um processo consciente de sistematização, onde um conceito adquire significado a partir de sua relação hierárquica com outros conceitos, que demandam processos de reestruturação. Assim, não são adquiridas apenas informações sobre os objetos, conteúdo para o pensamento, mas principalmente novas formas de pensar (GREDLER, 2009). O aspecto principal da proposição

de Vygotsky é a tentativa de integração desses dois tipos de conceito. Nesse sentido, os conceitos científicos seriam capazes de promover um processo de consciência reflexiva na mente do indivíduo, condição que os conceitos espontâneos não alcançariam. Entretanto, os conceitos científicos não poderiam ser construídos sem referência aos conceitos espontâneos.

Embora as ideias de Vygotsky abram caminho para uma compreensão mais adequada sobre aprendizagem, a descrição da relação entre as atividades de instrução e a aprendizagem carece de desenvolvimento (POZO, 1998). Nesse sentido, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel possui contribuições importantes para elucidar esta relação. Um dos aspectos de destaque é o caráter aplicado da teoria de Ausubel, que explorou os problemas e características da aprendizagem no ambiente de sala de aula (MADRUGA, 1996). Segundo Pozo (1998), o foco de Ausubel recai sobre os processos de aprendizagem/ensino de conceitos científicos e sobre o modo de integração das novas informações às estruturas prévias do sujeito. Para tanto, Ausubel estabelece duas dimensões principais, que variam de forma contínua e não discreta, para descrever uma situação de aprendizagem, conforme Figura 4. No contínuo vertical está o tipo de aprendizagem realizada pelo aluno. Essa varia de uma aprendizagem por repetição, baseada na memorização, como a utilizada para aprender um número de telefone, até uma aprendizagem significativa, na qual o conteúdo não é aprendido de forma literal, mas é integrado de forma substancial com as estruturas já existentes, como a aprendizagem do conceito de entropia: embora alguns alunos possam decorar a definição desse conceito, para entendê-lo é necessário vinculá-lo a uma rede de conceitos pré-existentes. A aprendizagem significativa fornece significado para o material aprendido ao relacioná-lo com os conhecimentos prévios do indivíduo. Nesse contínuo vertical, Ausubel compartilha e aprofunda a visão de Vygotsky, que percebe certa complementaridade nos processos de aprendizagem por associação e por reestruturação.

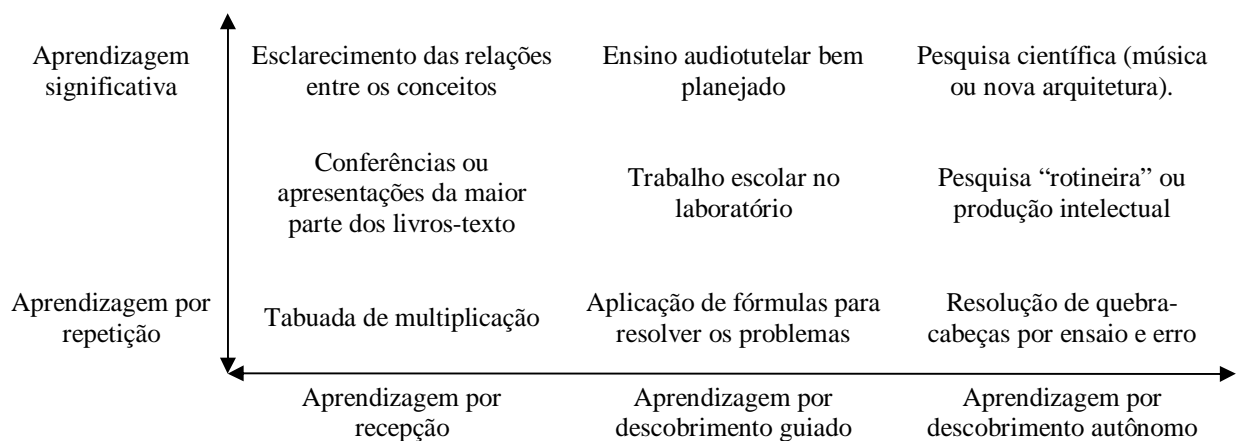


Figura 4: As duas dimensões da aprendizagem segundo Ausubel
 Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p.35) *apud* Pozo (1998, p. 210)

Já o contínuo horizontal, apresentado na Figura 4, descreve a estratégia instrucional adotada para fomentar a aprendizagem. Essa dimensão varia da aprendizagem por recepção, onde o conteúdo a ser aprendido é exposto de maneira explícita pelo professor, como nas aulas expositivas, até a aprendizagem por descobrimento autônomo, onde ocorre o ensino baseado no descobrimento espontâneo por parte do aluno, presente, por exemplo, em atividades de pesquisa científica ou de resolução de problemas. Dessa forma, Ausubel propõe que tanto um processo de ensino expositivo quanto um processo por descobrimento podem conduzir a aprendizagens significativas. Entretanto, Ausubel considera que a aprendizagem significativa por recepção contribui de forma mais efetiva para a aquisição de conhecimentos, pois o processo de descoberta nem sempre é eficiente (MADRUGA, 1996).

Ausubel também estabelece três condições necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa (MADRUGA, 1996; POZO, 1998). Com relação ao material instrucional, é necessário que ele possua significado em si mesmo, que seus elementos estejam organizados e apresentem relações entre si de maneira lógica e não arbitrária. Por exemplo, não é possível aprender de modo significativo a lista dos nomes dos rios de uma bacia hidrográfica, pois eles não possuem relação lógica entre si. Entretanto, não basta que o material possua significado implícito, a aprendizagem significativa também requer outras duas condições do aprendiz. Primeiramente, é necessária disposição do aluno, um motivo para esforçar-se, visto que toda aprendizagem significativa requer um esforço. Exige-se uma atitude ativa para mobilizar a atenção, e motivação para realizar a aprendizagem. A segunda condição é que o indivíduo deve possuir as ideias básicas necessárias para integrar a nova informação na estrutura de conhecimentos já existente no sujeito. Caso o aprendiz não possua conhecimentos prévios capazes de contextualizar a nova informação, essa permanecerá um enigma indecifrável.

A partir desta revisão sobre as teorias de aprendizagem construtivistas faz-se uma análise sobre o papel das disciplinas introdutórias nos cursos de graduação. Tais disciplinas possuem papel importante no processo de formação dos alunos, pois a visão inicial proporcionada por essas disciplinas é que servirá de guia para a acomodação dos novos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação.

2.3 O papel das disciplinas introdutórias nos cursos de graduação

O ensino de engenharia têm sido desafiado a formar alunos capazes de trabalhar colaborativamente na resolução problemas complexos e pouco estruturados, que envolvem

aspectos técnicos e sociais (FELDER et al., 2000; GATTIE et al., 2011; GRASSO, 2010). Tais necessidades emergem do mercado de trabalho que busca atender às novas demandas da sociedade (DA COSTA; BORRÁS, 2007; PALMA; DE LOS RÍOS; GUERRERO, 2012; SANTANDREU-MASCARELL; CANÓS-DARÓS; PONS-MORERA, 2011). Esse desafio tem fomentado uma profunda reflexão sobre a formação dos engenheiros. Smith e Waller (1997) descrevem o antigo paradigma de ensino de engenharia: baseado na transferência de conhecimento do professor para o aluno, este considerado uma entidade passiva que memoriza informações relevantes; focado na classificação e ordenamento dos alunos em um ambiente competitivo; que cria um contexto de relações impessoais entre alunos e entre alunos e professores; baseado em uma relação de poder na qual todas as decisões cabem aos professores; assumindo uniformidade cultural entre estudantes; e baseado na premissa de que a elevada titulação em determinado campo permite a atuação como professor, mesmo sem o devido treinamento. Os autores contrastam essa perspectiva com um novo paradigma de ensino de engenharia: baseado na colaboração entre professores e alunos, que constroem, descobrem, transformam e ampliam seus conhecimentos; focado no desenvolvimento de competências dos alunos; baseado na divisão de poder entre alunos e professores; valorizando a diversidade cultural para enriquecer o conhecimento de todos; e baseado na premissa de que ensinar é uma tarefa complexa que requer treinamento.

Nesse momento de transição, as disciplinas de introdução à engenharia têm sido vistas como um meio de melhorar a formação dos alunos, alinhando-se com o novo paradigma. Estudos que debatem o papel e opções de atividades no contexto dessa disciplina estão presentes em diferentes habilitações, como a mecânica (DE HOLANDA; BEZERRA, 2007; PEREIRA; BAZZO, 2008), elétrica (WATANABE et al., 2010), civil (MONTEFUSCO; LOPES, 2008), produção (MAESTRELLI et al., 2014), química (SILVA; MAINIER; PASSOS, 2006) e alimentos (PIEMOLINI-BARRETO; SANDRI, 2010). Alguns de seus objetivos são: inserir os alunos ingressantes na vida universitária, motivar os alunos para o curso, contextualizar a profissão e apresentar ferramentas de trabalho de acordo com a habilitação (PEREIRA; BAZZO, 2008). Outros aspectos de interesse citados são: estimular a criatividade, o trabalho em equipe, desenvolver a habilidade de comunicação e o raciocínio científico (DE HOLANDA; BEZERRA, 2007; FERREIRA; DA SILVA, 2004; WATANABE et al., 2009). As atividades realizadas com os alunos ingressantes para promover tais aprendizagens envolvem: aulas expositivas sobre o curso, apresentação da universidade, origens da engenharia, pesquisa científica e relação entre engenharia e sociedade; visitas técnicas; palestras com engenheiros que atuam no mercado; pesquisa bibliográfica;

apresentação de seminários; e desenvolvimento de projetos interdisciplinares envolvendo conteúdos de diferentes semestres (PEREIRA; BAZZO, 2008; WATANABE et al., 2010).

Para a presente pesquisa, é de particular interesse destacar a importância dessa disciplina no processo de aprendizagem. O processo de integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação é parte indispensável da formação dos alunos (CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2002). A estrutura em forma de grade curricular centra a transmissão do conhecimento em suas componentes curriculares, que, em geral, versam sobre temas ou áreas específicas. Tal fragmentação do conhecimento, necessária para gerenciar a complexidade e o grande volume de informação, demanda um esforço de síntese em contraposição, capaz de recuperar a visão do todo. Como cada temática é ensinada em módulos separados, é natural que os alunos tendam a perceber os diferentes conteúdos como algo isolado, decorrente da divisão em componentes curriculares. Assim, um dos entendimentos sobre a integração de conhecimentos, talvez a mais usual, é na forma de integração dos conhecimentos adquiridos em diferentes componentes curriculares. Segundo Santos (2003), existe na integração entre componentes curriculares o potencial de colaborar com o preparo dos alunos para o enfrentamento de situações complexas. Para o autor, o início do curso é caracterizado por uma predominância de atividades centradas em cada componente curricular individualmente. Já no final do curso, durante as componentes curriculares profissionalizantes específicas, como, por exemplo, o trabalho de diplomação e o estágio supervisionado, ocorrem as situações em que o aluno necessita resgatar o conhecimento de diferentes áreas para o enfrentamento de problemas mais elaborados.

Embora haja um aspecto integrador nas etapas finais da formação, elas podem não possuir tanta ênfase no processo de integração quanto esperado. Por exemplo, em alguns casos, os trabalhos de conclusão de curso adotam enfoques bastante específicos, adquirindo mais um caráter de especialização do conhecimento do que de integração. Já o estágio supervisionado tem como foco a inserção do aluno na realidade profissional, onde o aluno irá realizar atividades de caráter prático que demandam a articulação integrada de seus conhecimentos. Assim, o estágio supervisionado não pode ser visto como responsável pela integração dos conhecimentos, pois nesse momento o aluno necessita que tal integração já tenha ocorrido, embora não deixe de ser uma oportunidade de aprimorar esse aspecto.

Assim sendo, é prudente refletir sobre o entendimento que se tem sobre “integração de conhecimentos” no contexto de cursos da graduação. Numa primeira perspectiva percebe-se a integração de conhecimentos como uma tentativa de aproximar conhecimentos apresentados de forma divorciada, como uma solução para algo indesejado já ocorrido no

processo de formação. Outra perspectiva, que parece mais adequada, consiste em fazer com que o aluno, desde o início, desenvolva seu conhecimento de forma integrada.

Abordar tal questão do ponto de vista da aprendizagem sugere um processo educacional conforme a segunda perspectiva. É importante observar a importância do conhecimento prévio na aprendizagem do aluno, pois quanto melhor organizado estiver, quanto menos conflitante ele for com as novas informações, mais fácil será a aprendizagem dos alunos e melhor será o processo de recuperação dessa informação (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Caso o conhecimento existente não permita estabelecer vínculos com a nova informação, essa tende a se estruturar de forma isolada, diminuindo o acesso e, conseqüentemente, diminuindo as chances do aluno recuperá-la (POZO, 2008). Dessa forma, quanto mais isolados forem os conteúdos aprendidos durante a graduação, mais prejudicada fica a aprendizagem e recuperação, quando necessária, de cada um desses conteúdos. Assim, a concepção de uma integração de conhecimentos posterior a sua aprendizagem mostra-se equivocada, pois tal integração não pode ser vista como o rearranjo de conhecimentos de mesma qualidade daqueles adquiridos de forma integrada desde o início. Portanto, espera-se que durante a graduação os alunos desenvolvam e aprimorem gradualmente a visão, ou modelo, que possuem da área de conhecimento selecionada, através de reestruturações sucessivas e incrementais. A integração deve ser vista como algo inerente à aquisição do conhecimento, uma vez que as novas informações precisam encontrar algum vínculo com o corpo de conhecimento existente no aluno.

Assim, para fomentar essa concepção de aprendizagem, é necessário que ao ingressarem no curso os alunos estabeleçam um modelo que, embora simplificado, integre diferentes áreas do currículo. Desse modo, o processo de aprendizagem futura tende a exigir reestruturações menos trabalhosas para os alunos e a facilitar a compreensão das novas informações. Contudo, é natural que esse modelo inicial, para que tenha algum significado, não possa ser obtido pela simples exposição de uma lista de áreas que pertencem ao curso. É necessário que seja trabalhado de forma ativa pelos alunos, o que demanda atividades reflexivas e desafiadoras, que capturem a atenção e o interesse dos alunos.

Outro aspecto importante das atividades de primeiro semestre diz respeito à motivação dos alunos para o curso. A mobilização para aprender é uma das condições necessárias para que ocorra a aprendizagem significativa de Ausubel, conforme visto na seção anterior. Desse modo, toda atividade que incentive os alunos a conhecer melhor os conteúdos apresentados durante a graduação contribui para a aprendizagem. Portanto, não cabe às

disciplinas introdutórias apenas fornecer as bases para os conhecimentos futuros, mas também despertar o interesse dos alunos para a profissão escolhida.

Entre as atividades propostas aos alunos ingressantes, os projetos interdisciplinares têm ganhado espaço por atenderem esses aspectos. O projeto é um desafio aos estudantes, que devem solucionar um problema prático passando por várias etapas, como: proposição de uma solução, estabelecimento de hipóteses, modelagem física e matemática, simulação computacional, otimização de parâmetros do sistema, implementação da solução proposta, realização de testes, análise de resultados, descrição das conclusões e elaboração de relatório (WATANABE et al., 2010). Conforme de Holanda e Bezerra (2007), Watanabe et al. (2009) e Watanabe et al. (2010), essa atividade possibilita a integração de conhecimentos de diferentes disciplinas, desperta grande interesse e envolvimento, estimula o aluno a percorrer o árduo caminho da formação em engenharia e permite desenvolver desde o início do curso competências importantes para os futuros profissionais.

Outra estratégia é utilizar elementos familiares aos alunos como ponto central de atividades práticas que integrem diferentes conceitos. De acordo com Maestrelli et al. (2014), um dos problemas enfrentados na Engenharia de Produção é a falta de experiência de trabalho dos alunos, que dificulta a apresentação dos conceitos e métodos em seu contexto de origem. Assim, os autores propõem um desafio prático que demandará o uso de conceitos e métodos típicos desse profissional, mas com elementos familiares aos alunos. No caso em questão, é proposto o uso das ferramentas da qualidade para o estudo de como preencher um álbum de figurinhas, atendendo o padrão de qualidade estabelecido, com o menor custo e no menor tempo. Desse modo, desperta-se o interesse e participação dos alunos enquanto se aprende sobre indicadores de desempenho, ferramentas básicas da qualidade e melhoria de processos.

Diferentemente dos estudos citados, esta tese propõe o uso de jogos educacionais como atividade de ensino para proporcionar a integração de conhecimento e a motivação. A seguir, a literatura sobre jogos educacionais é apresentada, visando verificar tais aspectos.

2.4 Jogos educacionais

Os jogos educacionais (*educational games*) podem ser definidos como jogos que têm por objetivo facilitar o processo de aprendizagem (GIANNAKOS, 2013; LIANG; SHI, 2012; WHITTON, 2012), colocando em segundo plano outros objetivos, como o entretenimento, por exemplo. Na literatura internacional, existem diferentes formas de se referir aos jogos educacionais, como *digital learning games* (ERHEL; JAMET, 2013), *game-based learning*

(CHEN; HUANG, 2013; CONNOLLY et al., 2012), *edutainment games* (DONDLINGER, 2007; MORENO-GER et al., 2008), *persuasive games* (BOGOST, 2007; CONNOLLY et al., 2012), *epistemic games* (SHAFFER, 2005, 2006a, 2006b), *instructional games* (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002) ou *serious games* (CONNOLLY et al., 2012; MURATET et al., 2009; WOUTERS et al., 2013). Independente da terminologia utilizada, as discussões presentes nos trabalhos analisados contribuem para a compreensão do uso dos jogos com fins educacionais, embora cada um destes termos tenha alguma nuance distinta.

O contexto de aprendizagem a que se referem os jogos educacionais inclui situações formais, no ensino básico (BAKER et al., 2007; BARAB et al., 2005; KE, 2008), no ensino médio (BROM; SISLER; SLAVIK, 2010; KEBRITCHI; HIRUMI; BAI, 2010; PAPASTERGIOU, 2009), no ensino superior (COLLER; SHERNOFF, 2009; GUILLÉN- NIETO; ALESON-CARBONELL, 2012; OZCELIK; CAGILTAY; OZCELIK, 2013) e na pós-graduação (WALL; AHMED, 2008), assim como no ambiente profissional (GUO et al., 2012). Os jogos educacionais podem incluir atividades simples com práticas repetitivas (ORVIS; HORN; BELANICH, 2008) até aprendizagens de ordem superior, como a resolução de problemas (LIU; CHENG; HUANG, 2011). Apesar da definição de jogos educacionais apresentada abranger jogos que utilizem objetos físicos, como, por exemplo, os jogos de tabuleiro, os trabalhos revisados nesta tese se concentram nos jogos que utilizam o computador como plataforma. Outro aspecto que cabe destacar é que alguns jogos comerciais, utilizados geralmente como entretenimento, podem ser empregados para fins educacionais, como facilitadores da aprendizagem (CHARSKY; RESSLER, 2011). Frente à grande diversidade de objetivos que uma atividade de ensino pode ter, é plausível que em certas circunstâncias alguns jogos comerciais possam auxiliar o ensino (CONNOLLY et al., 2012).

Para um completo entendimento da definição proposta, faz-se necessário apresentar uma breve discussão sobre a definição do termo jogo, ou *game*. Tal definição não é trivial (KLABBERS, 2009a; WHITTON, 2012), como outras coisas que, apesar de serem reconhecidas facilmente, são difíceis de definir. Uma das abordagens para essa definição envolve a descrição das características geralmente encontradas nos chamados jogos. Na Figura 5 é apresentado um esquema destas características, descritas em detalhes a seguir.

Um dos aspectos elementares sobre os jogos é a existência de regras (KE, 2009; WOUTERS et al., 2013). As regras são um conjunto de restrições que determinam como o jogo deve ser jogado (WHITTON, 2012). Tais regras são as leis que criam o universo do jogo, um mundo à parte da realidade onde o jogador será inserido. Este aspecto é evidenciado por

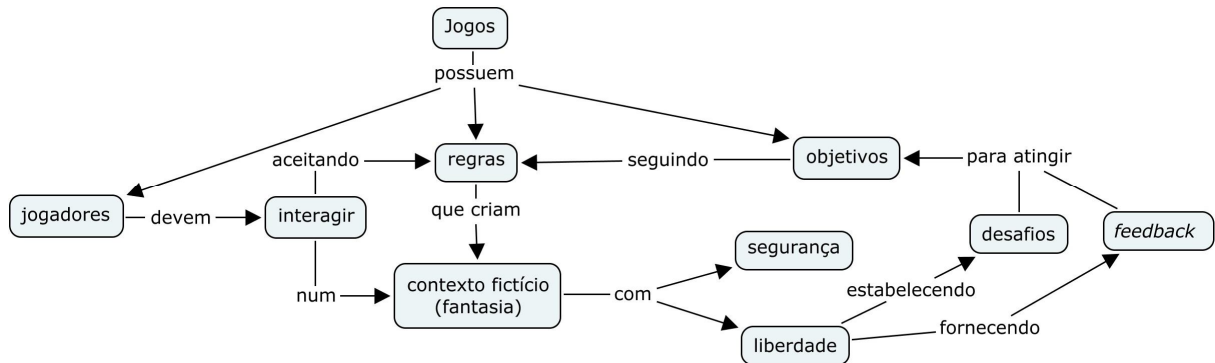


Figura 5: Definição de jogos
Fonte: elaborado pelo autor

Crookall, Oxford e Saunders (1987) *apud* Garris, Ahlers e Driskell (2002), ao destacarem que os jogos não têm a intenção de representar um sistema da realidade, pois eles são sistemas “reais” em si mesmos. O jogador, ao aceitar voluntariamente as regras do jogo, fica imerso nas mesmas, de modo que sua mente opera dentro desse contexto. Essa característica dos jogos é denominada de fantasia (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002; WHITTON, 2012). O aspecto de fantasia presente em um jogo enfatiza que este possui um contexto fictício e não real (WHITTON, 2012), permitindo que os jogadores atuem com segurança em situações fora do comum para o jogador (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002). Isto não implica que o universo criado pelo jogo não possa ser semelhante ao mundo real; para isso, basta que as regras estabelecidas no jogo se assemelhem com aquelas observadas em situações reais.

Os jogos também possuem metas e objetivos explícitos (KE, 2009; VOGEL et al., 2006; WOUTERS et al., 2013), a partir dos quais é possível determinar a progressão do jogador (WHITTON, 2012). Entretanto, em um jogo existem diferentes formas de alcançar esses objetivos; há certa liberdade para o jogador explorar as regras na busca dos objetivos. Como exemplo, mesmo que um jogo possua regras claras e objetivos definidos, cada partida tende a ter características particulares em função das escolhas do jogador (GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002). Os objetivos normalmente são estabelecidos a partir de um desafio (WOUTERS et al., 2013), que decorre da incerteza do sucesso existente na busca do objetivo (MALONE, 1981). Tal desafio exige esforço do jogador para superá-lo, e a presença desse esforço caracteriza o desafio proposto (WHITTON, 2012).

Em alguns casos, o desafio proposto decorrerá da presença de uma competição, contra os demais jogadores ou contra o computador, ou na tentativa de superar a si próprio (KE, 2009). Porém, Wouters et al. (2013) discordam que a competição seja uma característica definitiva dos jogos, pois em alguns casos não há um oponente, real ou computacional, para ser vencido, como no jogo SimCity®, onde o papel do jogador é criar uma cidade próspera.

Entretanto, isso não implica na ausência de desafios. Embora não exista de forma objetiva um adversário, como num jogo de corrida, o jogador é desafiado pelos problemas que surgem na cidade e que podem levá-la à falência.

Outra característica dos jogos é a sua interatividade (VOGEL et al., 2006; WOUTERS et al., 2013), que permite que o jogador atue sobre os elementos de um jogo, observando os efeitos, ou consequências, destas ações (WHITTON, 2012). Esta interatividade poderá se estruturar tendo como referência elementos físicos, como nos jogos de tabuleiro, ou virtuais, através do computador. Em geral, os jogos permitem ao jogador medir seu progresso através de pontuações ou indicadores, que informam a situação com relação aos objetivos do jogo ou com relação a outros jogadores (WHITTON, 2012; WOUTERS et al., 2013). Dessa forma, ao fornecer *feedback* ao jogador, os jogos estabelecem um diálogo com o jogador, que reavalia suas ações em função das consequências observadas.

Um último aspecto a mencionar diz respeito à diversão. Apesar dos jogos normalmente estarem associados ao entretenimento, a presença da diversão não pode ser considerada uma característica intrínseca dos jogos (WHITTON, 2012). A noção de diversão é algo subjetivo, inerente à experiência que o jogador tem com o jogo, e não uma propriedade do jogo em si. De fato, duas pessoas podem ter opiniões opostas com relação à diversão proporcionada por um determinado jogo, mas não podem discordar com relação às regras do jogo ou seus objetivos, por exemplo.

2.4.1 Jogos e simulação

Outro aspecto importante de se evidenciar é a distinção entre jogos e simulação. Diversas obras na literatura têm contribuído para aprofundar o entendimento sobre os jogos ao apontar semelhanças e diferenças entre esses dois conceitos (GREDLER, 1996; KLABBERS, 2009; WILSON et al., 2009). Segundo Law (2007), a simulação consiste em representar o comportamento de sistemas do mundo real. Para tanto, a partir de um sistema de interesse é criado um modelo para representá-lo. Esse modelo tem por objetivo imitar o sistema analisado com relação a suas características principais. Nesse processo, o indivíduo interage com o modelo simulado observando o efeito de determinadas ações (alterações no modelo) e comparando cenários distintos.

A partir dessa definição pode-se perceber duas semelhanças entre os jogos e as simulações. Assim como os jogos, a simulação tem características interativas (WILSON et al., 2009), pois é capaz de revelar os efeitos de determinadas ações, permitindo que novas

estratégias de ação sejam estabelecidas na medida em que se adquire maior conhecimento sobre o sistema em estudo. A segunda característica, também de forma semelhante aos jogos, é que a simulação cria um ambiente seguro para experimentações, cujas consequências não são transferidas para o mundo real (LAW, 2007).

Por outro lado, um dos aspectos fundamentais na distinção entre jogos e simulação é o papel assumido pelo indivíduo nessas duas situações (KLABBERS, 2009b). Na simulação, o indivíduo é um observador externo ao modelo, que analisa seu comportamento sem fazer parte deste. A intenção é conhecer como o sistema funciona a partir da experimentação com o modelo. Contudo, nos jogos, o indivíduo faz parte do modelo, possuindo um papel no universo do jogo. Por essa razão, embora as ações do indivíduo estejam restritas ao universo do jogo, nesse ambiente as consequências são experimentadas de forma mais pessoal do que na simulação. Para o indivíduo que está imerso em um contexto, tanto a reação dos demais participantes quanto a mudança no estado do jogo influenciam o processo de tomada de decisões, que se dá em um contexto pré-determinado segundo os objetivos e regras do jogo. Por outro lado, como não existe implicitamente na simulação um papel específico pré-determinado para o indivíduo, esse deve estar apto a atuar como um pesquisador, estabelecendo os objetivos e realizando experimentações de modo sistemático (GREDLER, 1996).

Outro aspecto que diferencia os jogos das simulações é a necessidade de representações realistas dos sistemas simulados. Na simulação existe a intenção de representar de forma fidedigna um aspecto da realidade, enquanto nos jogos essa não é uma característica obrigatória. Na situação particular em que os jogos assumem a intenção de representar de forma realista aspectos da realidade tem-se os chamados jogos de simulação, gênero mais popular nas pesquisas sobre o uso de jogos para aprendizagem (CONNOLLY et al., 2012). Isto ocorre quando, no contexto de um jogo, um indivíduo é colocado em um papel que pretende representar uma situação real, como um piloto de avião ou um médico que precisa tratar um paciente. Nesses casos, considera-se tais situações como um jogo, pois a ênfase está na experiência vivenciada pelo jogador, e não na compreensão de como o sistema modelado funciona.

Gredler (1996) critica o uso dos jogos de simulação no ensino, e faz distinção entre estes e as chamadas simulações experienciais, que seriam mais recomendadas para o contexto educacional. Para a autora, as simulações experienciais são situações em que o indivíduo é colocado em um determinado papel dentro de um contexto artificial, e diferencia-se dos jogos de simulação por não conter elementos de competição. Tal forma de simulação consistiria

num exercício em que os participantes assumem papéis que exigem responsabilidade na tomada de decisão e permite que o indivíduo experimente as consequências de suas decisões. Essa distinção é uma forma de excluir o aspecto de brincadeira que pode estar associado aos jogos. Evidenciar os diferentes graus de seriedade com que os participantes podem interagir com um determinado jogo é o aspecto que deve ser destacado nessa proposição. Para a autora, o uso de jogos de simulação, em contraste com as simulações experienciais, pode ter consequências negativas para o ensino. Primeiramente, o conflito de interesses entre os alunos que assumem uma postura séria sobre seu papel no jogo e aqueles que encaram a atividade como uma brincadeira. Outro aspecto é a presença de competição. Em um jogo de simulação, a competição pode conduzir a comportamentos sem o foco na aprendizagem, voltados apenas para a vitória no jogo. Ainda, alunos ou grupos que não estão bem na competição podem tentar comprometer o jogo com decisões absurdas. Nesse sentido, o aspecto competitivo pode tirar o foco da aprendizagem.

Entretanto, apesar destas distinções, a literatura em certo grau acaba por agrupar as simulações com objetivos pedagógicos juntamente com os jogos (SITZMANN, 2011; VOGEL et al., 2006). A simulação experiencial ainda se caracterizaria como um jogo por colocar ênfase na experiência do indivíduo enquanto participante desse universo à parte da realidade. Segundo Klabbers (2009a, 2009b), a seriedade não é um aspecto incompatível com a noção de jogos. Segundo o autor, é possível que o indivíduo vivencie um determinado jogo de forma séria, e não como uma brincadeira. Por exemplo, não seria lógico considerar que os grandes mestres do xadrez vêem esse jogo como uma brincadeira, sem seriedade. Dessa forma, tais simulações experienciais na definição de Gredler (1996) ainda estariam inclusas no conceito de jogos.

2.4.2 Jogos e aprendizagem: fundamentos teóricos

Na literatura pesquisada, o uso dos jogos educacionais é sustentado por diferentes teorias (DONDLINGER, 2007; KEBRITCHI; HIRUMI, 2008; WU et al., 2012). Por exemplo, Wu et al. (2012) realizaram uma revisão da literatura sobre jogos educacionais e identificaram as bases teóricas dos jogos nos estudos analisados, sendo o comportamentalismo e o construtivismo dois desses grupos. Conforme apresentado no início da revisão teórica, o comportamentalismo e o construtivismo caracterizam-se como teorias de aprendizagem completamente distintas, podendo, inclusive, ser vistas como complementares (POZO, 2008). Dessa forma, observa-se que é possível sustentar o uso de jogos educacionais

com base em diferentes teorias de aprendizagem. Isto revela que tais teorias são capazes de justificar o potencial pedagógico de um jogo em particular, mas não dos jogos em geral. Portanto, a fundamentação teórica para o uso dos jogos educacionais em geral ainda apresenta desafios.

Um dos aspectos presentes na definição de jogos é de particular interesse para a compreensão sobre os meios pelos quais os jogos, de modo geral, podem contribuir com o ensino. Os jogos possuem a capacidade de inserir o indivíduo em um contexto fictício, fazendo com que o sujeito aja de acordo com seu papel no universo do jogo. Entretanto, os recursos cognitivos que o indivíduo utiliza para superar os desafios impostos não são fictícios e particulares ao jogo, mas constituem os mesmos recursos disponíveis para o enfrentamento de situações reais. Desse modo, se a interação com um jogo modificar os conhecimentos, habilidades ou atitudes do indivíduo no contexto do jogo, também lhes estará afetando nas situações fora deste contexto. Essa transferência de contexto já foi observada empiricamente por Gopher, Well e Bareket (1994). Utilizando um jogo como parte do treinamento, observou-se a melhora do desempenho dos cadetes em voos reais, quando comparados ao desempenho do grupo de controle, sem a experiência com o jogo. Embora o jogo não seja um simulador de voo, sendo seus elementos e parâmetros distintos de tal situação, houve melhora no desempenho dos cadetes. Os autores sugerem que a habilidade de controle da atenção desenvolvida pelo jogo é utilizada nas situações de voo e justifica a melhora no desempenho. Portanto, a capacidade dos jogos inserirem o indivíduo em um contexto fictício no qual seus recursos cognitivos serão estimulados pode ser entendida como um dos princípios básicos que sustentam o uso de jogos no ensino.

À luz dessa compreensão, pode-se analisar o processo de aprendizagem que ocorre nos jogos. O contexto de um jogo faz com que o jogador posicione-se frente ao jogo, assim como um indivíduo posiciona-se em uma situação real. Nesse sentido, ao assumir o papel proposto pelo jogo, o jogador irá mobilizar os recursos cognitivos necessários para explorar esse contexto, de forma semelhante ao que ocorre em qualquer outra situação. Ainda, os resultados da aprendizagem em um jogo, assim como seu grau de dificuldade, dependem das características do contexto criado, da mesma forma como ocorre em outras situações de ensino. Então, as teorias que permitem compreender como o indivíduo aprende em situações reais podem contribuir para a compreensão da aprendizagem com jogos e para orientar seu desenvolvimento. Tal conclusão traz coerência para a diversidade de teorias utilizadas como base teórica para os jogos educacionais, apresentada no início dessa seção. Toda a complexidade enfrentada pela educação e pela psicologia para compreender o fenômeno da

aprendizagem está presente e se caracteriza como a própria discussão de como ocorre a aprendizagem por jogos. Como exemplo, a aprendizagem por jogos também compartilha da distinção entre aprendizagens por associação e por reestruturação, e, portanto, os jogos não podem ser rotulados como ferramentas capazes de promover apenas um destes tipos de aprendizagem. O que determina o tipo de aprendizagem serão as características de um jogo em particular, assim como o que determina o tipo de aprendizagem em sala de aula é a forma como o professor estrutura suas atividades. Porém, alguns aspectos têm sido destacados na literatura como justificativa para a efetividade da aprendizagem com jogos e merecem ser citados.

Conforme apresentado anteriormente, a teoria de aprendizagem comportamentalista percebe a aprendizagem como um processo associativo onde o reforço possui papel importante na mudança do comportamento observado. Essa concepção de aprendizagem está presente nos jogos que buscam exercitar conceitos aprendidos através de práticas repetitivas (KEBRITCHI; HIRUMI, 2008). Nesse tipo de prática dois aspectos merecem destaque. Primeiramente, a natureza interativa dos jogos permite proporcionar *feedback* ao aluno sobre seu desempenho, funcionando como reforço imediato às suas ações. Gredler (1996) destaca que o reforço da aprendizagem torna-se mais imediato e frequente nos jogos do que no ambiente usual de sala de aula onde todos os alunos dependem do professor. Entretanto, a forma e conteúdo do reforço devem ser analisados com critério, para evitar respostas aleatórias por parte dos alunos. Cameron e Dwyer (2005), assim como Erhel e Jamet (2013), apresentam evidências empíricas da importância do *feedback* em jogos com fins educacionais.

Essa característica é complementada por um segundo aspecto, a criação de um contexto mais significativo, embora fictício e muitas vezes fantasioso, que é capaz de motivar o jogador a persistir. Em Baker et al., (2007), o jogo Zumbie Division é proposto para alunos do ensino fundamental na aprendizagem da operação de divisão. O jogador deve identificar o divisor do número que o zumbi traz consigo para derrotá-lo. Nesse caso, observa-se que o jogador terá *feedback* sobre o resultado da sua escolha imediatamente, a partir da observação do dano causado ao zumbi. Também, o jogo cria um contexto em que tal atividade tem significado, favorecendo a persistência do jogador e o aumento de sua prática. Embora a motivação gerada pelo jogo não tenha vínculo com o conteúdo e não promova necessariamente uma mudança de atitude com relação à matéria estudada, o benefício da prática para o desenvolvimento das habilidades do aluno ocorrerá. Um exemplo semelhante, porém voltado para alunos de nível superior, está em Ebner e Holzinger (2007). Os autores propõem um jogo como material complementar ao ensino da disciplina de Concreto Estrutural

na Engenharia Civil. O jogo consiste uma série de perguntas de múltipla escolha contendo problemas onde devem ser identificados os esforços internos das estruturas apresentadas. O jogo foi disponibilizado para ser acessado voluntariamente pelos alunos e contém uma lista com os melhores resultados como forma de motivar os alunos a exercitarem seus conhecimentos.

Por outro lado, os jogos baseados em concepções construtivistas apresentam outros argumentos pedagógicos. Um dos aspectos enfatizados é a importância da experiência prática e concreta na construção do conhecimento, fundamentado na Teoria da Aprendizagem Experiencial (KOLB; KOLB, 2012; KOLB, 1984), por exemplo. Nessa teoria, a experiência concreta é vista como fonte para a reflexão. Por sua vez, a reflexão conduz à estruturação de conceitos abstratos. A partir da abstração realizada, novas formas de ação podem ser concebidas e testadas a partir da experimentação. Tais experimentações tornam-se novas experiências concretas que são submetidas a reflexão, abstração conceitual e experimentação, mantendo um ciclo crescente de aprendizagem. Com o avanço computacional das últimas décadas, os jogos tornaram-se capazes de proporcionar experiências em contextos ricos, complexos e dotados de interatividade, semelhantes à vida real. Tal experiência é vista como fonte para a construção do conhecimento, que não é simplesmente transmitido, mas obtido como resultado dessa interação com o ambiente (KEBRITCHI; HIRUMI, 2008). Com relação ao conhecimento prévio necessário para essa experimentação, Gredler (1996) destaca que é necessário ao aluno conhecimento prévio sobre o assunto tema do jogo, para que as novas informações sejam integradas em um conjunto coerente de conhecimentos. Esse conhecimento precisa ser identificado e fornecido aos alunos previamente. Outro tipo de conhecimento necessário diz respeito às estratégias a serem utilizadas para enfrentar problemas complexos, como a formulação de modelos explicativos dos dados observados. Caso os alunos não saibam lidar com problemas complexos, suas ações tendem a um comportamento aleatório de tentativa e erro, e não a uma busca sistemática da resolução do problema. Entretanto, Chen e Huang (2013) identificaram que o conhecimento prévio é útil para jogos que trabalham conhecimentos declarativos (aquisição de informação), mas não é útil quando se trata da aprendizagem de procedimentos.

Outra linha de argumentação enfatiza a importância do contexto em que ocorre a aprendizagem. Parte-se do pressuposto que o conhecimento é produto das atividades e da cultura em que ele é desenvolvido e utilizado. Isso implica que a aprendizagem deve ser situada nesse contexto, e que a inserção do aluno nele faz parte da aprendizagem. Dessa forma, o desenvolvimento de habilidades e a aquisição de conhecimento ocorrem no contexto

em que eles serão utilizados, sendo dotados, portanto, de um objetivo que é relevante, significativo e interessante aos estudantes (KEBRITCHI; HIRUMI, 2008). Idealmente, esse processo de inserção deveria ocorrer em um contexto real, entretanto isso nem sempre é possível, e os jogos tornam-se uma forma viável de inserir os alunos em tais contextos. Como exemplo, Tan, Tse e Chung (2010) apresentam o uso de jogos para o ensino de conceitos da Produção Enxuta. O jogo proposto consiste na simulação de uma empresa que fabrica hidroaviões. Cada empresa consiste em quatro estações de trabalho onde os produtos são fabricados. Essa é gerenciada por um grupo de alunos que assumem os papéis de gerentes de produção e operadores. O objetivo do jogo é demonstrar as diferenças de desempenho obtidas a partir da variação das condições operacionais. Com base na comparação dos resultados de um questionário aplicado antes e depois do jogo para 41 estudantes de pós-graduação, os autores concluíram que houve um melhor entendimento sobre os elementos da Produção Enxuta após a atividade. Tan, Tse e Chung (2010) argumentam que em várias ocasiões os alunos não conseguem imaginar completamente uma situação sem estarem inseridos nela. Nesse sentido, os jogos oportunizam aos alunos a sensação de participarem de um sistema produtivo. Segundo os autores, os jogos explicitam o que está sendo aprendido, permitem a progressão gradual dos desafios e dos conceitos e permitem a reflexão sobre as teorias aprendidas.

Outro aspecto enfatizado é a necessidade de que a interação dos alunos com o jogo seja guiada. Conforme Mayer (2004), estratégias de aprendizagem centradas no aluno não são efetivas a menos que o suporte necessário seja fornecido. O autor argumenta que não é a presença de atividades práticas (realização de uma atividade concreta, discussão ou experimentação) que caracteriza a aprendizagem construtivista, mas as atividades cognitivas realizadas (seleção, organização e integração do conhecimento). Dessa forma, sugere-se que o processo de descoberta do conhecimento pela interação e livre exploração em um contexto rico pode frustrar a aprendizagem dos alunos, pois eles terão dificuldades em selecionar, organizar e interpretar os resultados. Assim, o processo de descoberta guiada é uma alternativa que visa proporcionar o suporte cognitivo adequado. Uma das formas de proporcionar esse auxílio ao aluno é através da orientação do professor ou pela inclusão de *feedback* juntamente com material de apoio, de forma que o aluno consiga interpretar os resultados e compreender as consequências de suas ações (LEEMKUIL; JONG, 2012).

A presença de interação social é outro aspecto característico dos jogos embasados em teorias construtivistas. Os jogos não apenas têm o potencial de criar um contexto para aquisição de conhecimento, mas também de formar uma comunidade em torno de um tema

(SHAFFER, 2006b). O compartilhamento de interesses com um grupo tende a motivar e tornar a aprendizagem um processo natural, onde o sujeito gradualmente adquire o conhecimento na medida em que atua junto a esse grupo (SHAFFER, 2005). Nesse sentido, os jogos podem motivar para a aprendizagem e promover uma mudança de atitude com relação a uma determinada área de conhecimento.

Conforme Pozo (2008), a motivação é um dos elementos auxiliares da aprendizagem. Toda aprendizagem demanda algum esforço do indivíduo e, portanto, requer algum grau de motivação. Num nível mais básico, a natureza dotou o organismo humano de mecanismos que favorecem a aprendizagem, pois esta é fundamental para a sobrevivência do indivíduo. O sistema neurológico dos humanos, assim como de outros animais, é dotado de estruturas que proporcionam gratificação, através da liberação de dopamina, quando os resultados observados são melhores do que o esperado. Tal gratificação favorece a aprendizagem e melhora a probabilidade de sobrevivência. Portanto, o prazer proporcionado pela aprendizagem seria uma forma de motivação elementar, que justificaria o esforço despendido. Porém, em diversas situações esse mecanismo é insuficiente para garantir a motivação necessária para a aprendizagem. Nessas ocasiões, o motivo para aprender pode deixar de ser a aprendizagem em si, motivação intrínseca, e passar para as consequências da aprendizagem ou da falta da aprendizagem, motivação extrínseca. Tal distinção pode ser observada pela comparação entre os alunos que tem desejo de aprender e aqueles que apenas querem evitar um sermão dos pais. A aprendizagem pela motivação intrínseca apresenta, em geral, resultados superiores.

Segundo Malone (1981), a capacidade dos jogos despertarem a motivação intrínseca está baseada na presença de desafio, curiosidade e fantasia. O desafio está relacionado à incerteza do sucesso na busca pelo objetivo do jogo. A curiosidade é estimulada pelo nível adequado de informação, fazendo com que o jogador tenha informação suficiente para prever o que irá acontecer, mas que em algumas situações tais previsões falhem. A fantasia está relacionada com a capacidade dos jogos evocarem imagens de objetos ou situações que não estão presentes aos sentidos do participante, auxiliando no uso do conhecimento prévio e na satisfação de aspectos emocionais. Em Wilson et al. (2009) encontra-se uma revisão recente que contém outros estudos que estabelecem relações entre as características dos jogos e seu impacto na motivação.

Na literatura existem evidências empíricas de que os jogos são capazes de motivar para a aprendizagem (ORVIS; HORN; BELANICH, 2008; PAPASTERGIOU, 2009; VOGEL et al., 2006; YANG, 2012). Uma das consequências da maior motivação dos alunos é um

maior empenho nas tarefas, que pode conduzir a melhores resultados na aprendizagem. Como exemplo, Coller e Scott (2009) propõem o uso de jogos para o ensino de métodos numéricos no curso de engenharia mecânica. Os estudantes são desafiados a elaborar programas de computador para pilotar um carro em uma pista de corridas. Para tanto, os alunos utilizam os conhecimentos adquiridos na disciplina. Os autores avaliaram a efetividade da aprendizagem a partir dos mapas conceituais elaborados pelos alunos no final do curso, 38 alunos utilizando a estrutura de jogos e 48 instruídos por métodos tradicionais (aula expositiva e livros didáticos). Como resultado, foi observada uma aprendizagem mais profunda no grupo que utilizou a estrutura de jogos do que nos alunos instruídos pelos métodos tradicionais. Observou-se também que os alunos do curso baseado em jogos dedicaram aproximadamente o dobro do tempo fora de sala de aula às atividades da disciplina.

Por fim, cabe enfatizar dois aspectos distintos relacionados ao uso de jogos como fonte de motivação. Primeiramente, os jogos podem motivar os alunos a participar de uma atividade por tornar ela divertida, criando significado para as ações de forma artificial, conforme apresentado em Baker et al., (2007) no jogo Zumbie Division, descrito anteriormente. Nesse caso, o jogo torna mais agradável uma atividade repetitiva que, sem o contexto do jogo, seria considerada cansativa para o aluno. Por outro lado, os jogos também podem motivar os alunos ao favorecer uma mudança de atitude com relação a uma determinada área de conhecimento. Conforme apresentado, o compartilhamento de interesses com um grupo em torno de um tema tem o potencial de motivar o indivíduo a conhecer melhor um determinado assunto (SHAFFER, 2005). Os jogos contribuiriam nesse processo ao criar uma comunidade em torno do jogo e, conseqüentemente, sobre o assunto tema do jogo. Neste caso, a motivação ou mudança de atitude está mais próxima de um resultado da aprendizagem do que apenas uma condição facilitadora da mesma.

Neste ponto, encerram-se as argumentações teóricas sobre a aprendizagem através de jogos. A seguir são apresentadas as evidências empíricas presentes na literatura que corroboram o uso de jogos educacionais.

2.4.3 Jogos e aprendizagem: evidências empíricas

Uma das discussões presentes na literatura é sobre a efetividade do uso de jogos, principalmente quando comparados com os métodos tradicionais de ensino. Nesse sentido, embora não haja unanimidade, percebe-se que a maior parte dos estudos realizados sugere que os jogos podem ser pelo menos tão eficientes quanto os métodos tradicionais, como as aulas

expositivas, leituras e vídeos. Randel et al. (1992) apresentam uma revisão de 68 estudos empíricos, no período de 1963 até 1991, comparando jogos com os métodos tradicionais de ensino. Entre os trabalhos analisados, 56% não observaram diferenças, 32% encontraram diferenças a favor dos jogos, 7% apresentaram diferenças a favor dos jogos, mas os autores questionam seus controles, e 5% encontraram diferenças a favor dos métodos tradicionais. Os autores sugerem que os jogos apresentam maior potencial de resultados positivos quando conteúdos específicos são abordados e os objetivos são definidos de forma precisa. Também, a retenção da aprendizagem ao longo do tempo e o interesse pela atividade foram maiores com o uso de jogos do que nos métodos tradicionais.

Vogel et al. (2006) apresentam uma meta-análise com base em 32 estudos envolvendo a aprendizagem de crianças e adultos através do uso de jogos e simulações interativas. Em geral, quando comparados com os métodos tradicionais, foi constatado que os jogos e simulações interativas promovem ganhos tanto no aspecto cognitivo quanto na atitude dos alunos com relação à aprendizagem. Ainda, Ke (2009) analisou a efetividade dos jogos com base em 64 artigos publicados no período de 1985 até 2007. Destes artigos, 53% relataram efeitos positivos significativos a favor dos jogos, 26% apresentaram resultados favoráveis aos jogos somente para certos tipos de aprendizagem, 19% não apresentaram diferenças entre os jogos e os métodos convencionais e apenas 2% reportaram os métodos convencionais como mais efetivos do que os jogos.

Em outra revisão mais recente, Wouters et al. (2013) apresentam uma meta-análise envolvendo 39 estudos, no período de 1990 até 2012, para verificar se o uso de jogos educacionais é mais efetivo do que os métodos convencionais de ensino com relação à aprendizagem, à retenção e à motivação. Foi constatado que os jogos são mais efetivos em termos de aquisição de conhecimento e retenção do que os métodos convencionais de ensino. Entretanto, o mesmo não foi observado com relação à motivação, que não apresentou ganhos estatisticamente significativos. Também foi observado que os ganhos na aprendizagem são mais efetivos quando os jogos são acompanhados por outros métodos de ensino, quando várias seções de treinamento são realizadas, e quando os jogadores trabalham em grupo.

Porém, a análise das vantagens do uso de jogos deve ser vista com cautela. Em outra meta-análise, Sitzmann (2011) avalia exclusivamente a efetividade dos jogos para a aprendizagem de conhecimentos e habilidades associadas a atividades profissionais. Nesse trabalho foram incluídos 65 estudos, no período de 1976 até 2009, onde os participantes tinham 18 anos ou mais, sendo identificado que alguns jogos possuíam estratégias de ensino ativas, enquanto outros utilizavam estratégias passivas, com a transmissão do conhecimento

através de textos ou vídeos inseridos num ambiente virtual. Quando o grupo de controle utilizou estratégias passivas para o ensino, como aulas expositivas, leituras e vídeos, os jogos apresentaram uma eficácia maior no ensino. Os jogos também superaram estratégias mistas, onde o grupo de controle recebeu aulas expositivas associadas a métodos de ensino ativos. Porém, quando o grupo de controle utilizou apenas estratégias de ensino ativas, como trabalhos práticos, discussões, atividades em grupo, entre outras, os resultados da aprendizagem foram melhores que aqueles observados com o uso de jogos. Para aprofundar essa análise, o grau de participação dos alunos foi comparado equitativamente entre os jogos e o grupo de controle, pareando jogos ativos com atividades ativas no grupo de controle e jogos passivos com atividades passivas no grupo de controle. Como resultado, a aprendizagem com jogos se equiparou com a aprendizagem do grupo de controle. Portanto, a presença de variáveis moderadoras da eficácia dos jogos no ensino, como o grau de participação dos alunos, pode afetar os resultados empíricos observados. O resultado dessa pesquisa não implica que os jogos não tenham utilidade para o ensino, apenas ilustra que a presença de princípios pedagógicos, como a aprendizagem ativa, pode ser determinante para sua eficácia.

2.4.3.1 Resultados da aprendizagem

Alguns estudos têm mostrado que os jogos podem promover diferentes tipos de resultados de aprendizagem (CONNOLLY et al., 2012; DONDLINGER, 2007; GARRIS; AHLERS; DRISKELL, 2002; KE, 2009; WILSON et al., 2009). Um dos resultados investigados na literatura sobre jogos educacionais é a aquisição de conhecimento (CONNOLLY et al., 2012). Por exemplo, Papastergiou (2009) apresenta resultados favoráveis ao uso de jogos no ensino de conceitos na área da computação. Cameron e Dwyer (2005) também identificaram o potencial de uso dos jogos para a aquisição de conhecimentos sobre a fisiologia e as funções do coração humano.

Outro tipo de resultado observado nas pesquisas diz respeito ao saber fazer, relacionado à aprendizagem de procedimentos e habilidades. Feng, Spence e Pratt (2007) identificaram que o uso de jogos de ação pode melhorar algumas habilidades cognitivas espaciais úteis na matemática e engenharia, reduzindo as diferenças de desempenho entre homens e mulheres nesse aspecto. Há também estudos que sugerem ganhos em habilidades intelectuais de ordem superior (KE, 2009). Steinkuehler e Duncan, (2008) identificaram a presença de habilidades de argumentação e construção do conhecimento em fóruns *on-line* sobre jogos. Nesse contexto, percebe-se os jogos como geradores de um cenário dinâmico e

complexo que fomenta o desenvolvimento de tais habilidades. Em outro estudo, Siewiorek et al. (2012) apresentam evidências de que os jogos podem ser utilizados para exercitar nos alunos as habilidades de liderança necessárias em contextos reais. Um exemplo do uso de jogos para a aprendizagem de procedimentos é apresentado em Arevalillo-Herráez, Morán-Gómez e Claver (2012). Os autores apresentam um jogo na área da computação que visa desenvolver as habilidades dos alunos na configuração de redes de computadores. O jogo consiste em atingir um determinado objetivo, específico para cada jogador e determinado no início da partida, no menor tempo possível. A cada partida, uma rede de computadores é apresentada e, para atingir seu objetivo, é necessário alterar a configuração de alguns dos dispositivos da rede, demandando domínio dos procedimentos de configuração.

Finalmente, a mudança de atitude é outro tipo de resultado de aprendizagem que pode ser trabalhado com o uso de jogos. Como exemplo, Miller et al. (2011) apresentam o uso de jogos para fomentar em alunos do ensino fundamental e médio atitudes positivas com relação a carreiras na área de ciência e tecnologia. Os autores argumentam que a possibilidade dos alunos experimentarem virtualmente o papel desses profissionais contribui para a percepção de aspectos positivos dessas carreiras e para a mudança de estereótipos negativos. Como consequência, tal experiência pode mudar a atitude dos alunos e incitá-los a se prepararem para tais carreiras. Em outro estudo, com 487 estudantes do ensino básico, Ke (2008) constatou que o uso de jogos, comparado com exercícios com lápis e papel, promoveu de modo significativo mais atitudes positivas com relação à aprendizagem de matemática.

2.4.4 Avaliação da aprendizagem através das informações contidas nos jogos

Na seção anterior foram apresentados diversos estudos que evidenciam empiricamente os benefícios do uso de jogos para a aprendizagem. Em geral, esses estudos avaliam a aprendizagem a partir de questionários, assumindo que essa forma de avaliação é necessária para capturar os saberes dos alunos. Entretanto, tal concepção desconsidera que os jogos também podem contribuir no processo de avaliação. Para enfatizar esse aspecto, nesta seção são apresentadas as diferentes formas de avaliação que podem estar associadas ao uso de jogos educacionais, assim como estudos que fazem uso das informações contidas nos jogos como forma de avaliar os alunos.

A aprendizagem baseada em jogos educacionais contém três formas de avaliação: *feedback*, avaliação embarcada e avaliação externa (IFENTHALER; ESERYEL; GE, 2012). O *feedback* está associado ao alcance de metas e superação de desafios durante a interação

com o jogo. Para cada ação do jogador existe uma avaliação por parte do jogo sobre as consequências dessa ação: uma ação correta pode implicar no aumento da pontuação acumulada e uma ação incorreta na diminuição da vida do jogador, por exemplo. Dessa forma, o jogo constantemente avalia a interação do jogador na busca pelo objetivo do jogo. Entretanto, este *feedback* pode não expressar claramente a aprendizagem dos alunos, sendo insuficiente para interpretar o desempenho dos alunos com relação ao atendimento dos objetivos pedagógicos. Isto ocorre pois o *feedback* reflete o desempenho do jogador com relação ao objetivo do jogo, que não necessariamente é idêntico ao objetivo pedagógico da atividade. O objetivo do jogo está associado ao contexto ou história que dá sentido às ações do jogador, já o objetivo pedagógico está associado àquilo que se espera que o aluno aprenda. Assim, a avaliação embarcada, segunda forma de avaliação, consiste em avaliar o desempenho do jogador em função dos objetivos pedagógicos da atividade, baseando-se nos dados coletados pelo próprio jogo. Tem-se, desse modo, uma descrição clara do desempenho dos jogadores com relação à aprendizagem esperada. Conforme a Figura 6, essas duas formas de avaliação estão relacionadas à interação com o jogo e dependem dos dados resultantes desta interação. A sobreposição entre o *feedback* e a avaliação embarcada indica que deve haver um alinhamento entre essas duas formas de avaliação. O *feedback* proporcionado pelo jogo em algum grau deve representar o desempenho segundo os objetivos pedagógicos, de modo que um *feedback* positivo deve estar associado a uma melhor avaliação segundo os objetivos pedagógicos. A avaliação embarcada pode ocorrer simultaneamente ou

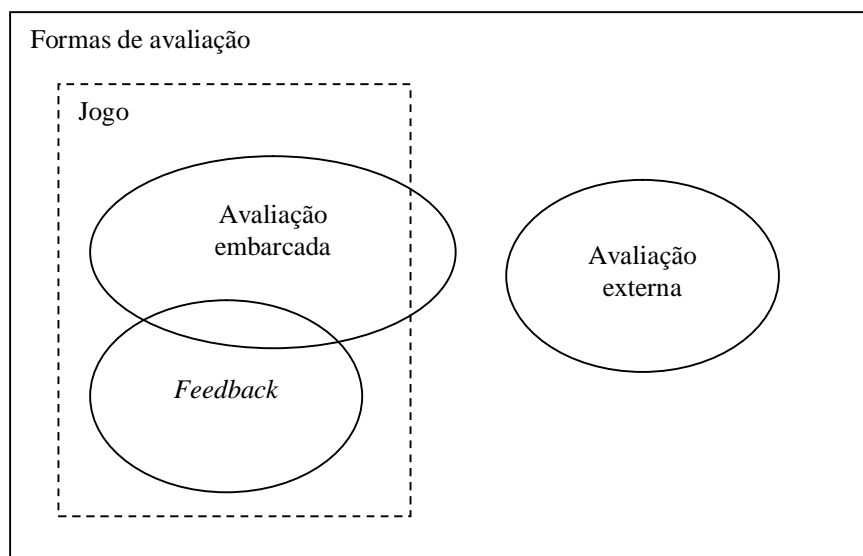


Figura 6: Formas de avaliação com jogos
Fonte: elaborado pelo autor

posteriormente à interação com o jogo (por esta razão parte da avaliação embarcada está fora dos limites do jogo na Figura 6). Por fim, a avaliação externa não faz parte da estrutura do jogo nem utiliza suas informações, e avalia a aprendizagem dos alunos de acordo com os objetivos pedagógicos com base nos métodos usuais, como testes de múltipla escolha, produção textual e discussão com os alunos. Esta forma de avaliação apresenta-se como a forma usual de mensurar o conhecimento dos alunos, inclusive nas situações de aprendizagem baseada em jogos.

Essa distinção entre as formas de avaliação que podem estar associadas ao uso de jogos educacionais tem como objetivo destacar a importância da avaliação embarcada no uso dos jogos educacionais. Para que seja possível avaliar o desempenho dos alunos de forma clara, o jogo deve conter esse tipo de avaliação. Ela pode ocorrer posteriormente à interação dos alunos com os jogos, caracterizando-se como uma pós-análise da interação dos alunos com os jogos com base nos dados armazenados. Dessa forma, ela contribui para que o professor identifique as dificuldades dos alunos e melhore o uso dos jogos com vistas ao atendimento dos objetivos pedagógicos. A avaliação embarcada também pode ser realizada pelo jogo de forma automática, permitindo que os alunos tenham acesso em tempo real à avaliação de sua aprendizagem.

Uma justificativa para o uso das informações latentes nos jogos para avaliação da aprendizagem é a distinção existente na literatura entre conhecimento explícito, que é consciente e pode ser verbalizado facilmente, e implícito, que não é facilmente verbalizado (BERRY; BROADBENT, 1984, 1988; SUN; SLUSARZ; TERRY, 2005; SWAAK; DE JONG, 2001). Conforme Berry e Broadbent (1984), a relação entre essas duas formas de saber não é trivial. Nesse estudo, os autores solicitaram aos participantes que gerenciassem uma simulação computacional de uma fábrica de açúcar, onde eles deveriam manter a produção em um determinado volume sendo o número de funcionários a única variável de decisão dos participantes. Como no modelo utilizado a produção em um dado período dependia do número de funcionários e da produção no período anterior, a gestão desse sistema tornava-se mais complexa do que simplesmente encontrar o número adequado de funcionários, pois em momentos distintos o mesmo número de funcionários apresentava volumes de produção diferentes. Como resultado observou-se que com o tempo os participantes adquiriam a capacidade de gerenciar o volume de produção, mesmo que após a simulação não conseguissem explicitar precisamente a lógica utilizada. Observa-se que a prática melhora a habilidade de um indivíduo controlar um sistema dinâmico, mas não melhora sua capacidade de descrever verbalmente, ou explicitar, o conhecimento necessário para realizar essa tarefa.

Também foi observado que a apresentação de instruções sobre o funcionamento da fábrica antes da simulação melhorava a capacidade de explicitar seu conhecimento após a simulação, mas não implicava em melhoras significativas no desempenho de sua gestão. Nesse caso, a aquisição de conhecimento explícito não se converteu diretamente numa melhora de desempenho. Esse fato ressalta a utilidade do uso de jogos como forma de avaliação dinâmica de conceitos normalmente transmitidos de forma explícita, pois, através da análise dos dados contidos nos jogos, é possível avaliar se os alunos conseguem converter os conhecimentos adquiridos explicitamente em decisões corretas frente a situações dinâmicas.

A avaliação embarcada representa uma forma diferenciada de avaliação do nível de conhecimento dos alunos, pois os jogos permitem a avaliação da capacidade dos alunos aplicarem seus conhecimentos em situações complexas e dinâmicas de difícil reprodução por outros meios. Esse aspecto fica evidente em Pasin e Giroux (2011), que propõem que a avaliação da aprendizagem de habilidades seja baseada nos ganhos de desempenho observados entre o início e o final do jogo. Os autores propõem um jogo de simulação da produção para aprimorar o processo de tomada de decisão sobre o planejamento e controle da produção. Esse jogo é usado como material complementar após a transmissão dos conceitos através dos métodos tradicionais. Com base nos resultados obtidos de 100 grupos de alunos que participaram da pesquisa, os autores concluíram que decisões básicas, como o volume de matéria-prima a ser comprado, não são aprimoradas pela experiência com o jogo, sendo o conhecimento adquirido pelos métodos tradicionais suficiente. Também, para alguns alunos, decisões mais complexas também podem ser aprendidas pelos métodos tradicionais de ensino. Entretanto, o jogo proposto foi útil para os alunos que não compreenderam de forma plena as decisões mais complexas após o ensino pelos métodos tradicionais. Tais decisões de maior complexidade, como definição da quantidade de produtos acabados a serem produzidos, são influenciadas por diferentes fatores, como as decisões passadas, os erros cometidos e novos eventos que surgem ao longo do tempo, e podem não ser compreendidas sem a vivência prática dessa experiência. Desse caso observa-se que, sem o uso do jogo proposto e da análise de seus dados, não seria possível avaliar a compreensão dos alunos sobre o conteúdo transmitido ou capturar suas dificuldades nas decisões de maior complexidade (cabe destacar ainda, que, neste caso, a prática com o jogo também ajudou a diminuir essa dificuldade, apesar desse ser um aspecto secundário para a argumentação desta seção). Outros estudos, como Manske e Conati (2005), Baker et al. (2007), Shaffer et al. (2009), Rupp et al. (2010) e Loh (2012), também propõem o uso dos dados contidos nos jogos para avaliar o conhecimento dos alunos.

2.4.5 Uso de jogos no contexto da Engenharia de Produção

Os jogos têm sido utilizados para o ensino em diferentes áreas de conhecimento (CONNOLLY et al., 2012; FARIA et al., 2009; KE, 2009), inclusive em tópicos relacionados com a Engenharia de Produção. Alguns exemplos desses trabalhos são apresentados a seguir.

Hauge e Riedel (2012) analisam dois jogos para o ensino de engenharia e manufatura. Um deles, Cosiga, é utilizado para o ensino do processo de desenvolvimento de produtos, com foco na multidisciplinaridade e na colaboração necessárias nessa área. Cada grupo é responsável pelo projeto de um tipo de caminhão, e cada um dos cinco membros do grupo possui um papel no projeto, como gerente de projeto, designer, marketing, produção ou compras, e a viabilidade de manufatura do projeto é testada em uma fábrica simulada. A partir da análise das conversas entre os membros dos grupos, os autores concluem que esse jogo conseguiu simular a troca de informações existentes no processo de desenvolvimento de produtos. Também, pela avaliação das conexões entre conceitos estabelecidas pelos alunos antes e depois do jogo, concluiu-se que a interdependência e a necessidade de envolvimento de diferentes disciplinas no processo de desenvolvimento de produtos foi passada aos participantes.

O segundo jogo apresentado por Hauge e Riedel (2012), Beware, consiste em um jogo voltado para o ensino da gestão de riscos nas cadeias produtivas, principalmente aqueles decorrentes da falta de colaboração e comunicação. Inicialmente, os jogadores têm que especificar, projetar e produzir um produto simples, reproduzindo o contexto de cooperação e comunicação interno a uma empresa. Os alunos atuam como funcionários de diferentes departamentos sujeitos à falta de colaboração de algumas pessoas, perda de informação e entregas atrasadas dos fornecedores. Em seguida, eles atuam em uma cadeia produtiva, onde devem especificar, projetar e produzir um produto mais complexo em colaboração com outras empresas. Como a informação não é distribuída igualmente na cadeia produtiva, é necessário que o fluxo de informações seja constante para que tanto o projeto quanto a produção dos produtos não parem. Os autores concluem que é possível aumentar a consciência dos alunos sobre os riscos nas cadeias produtivas. Para isso, o jogo enfatiza a importância da comunicação e colaboração para a identificação de riscos.

Na área de finanças, Ribeiro (2008) utiliza um jogo computacional como ferramenta para treinamento em gestão de investimentos. Através do jogo, segundo o autor, foi possível proporcionar a um grupo de investidores iniciantes um primeiro contato com o mercado financeiro, sem os riscos das aplicações reais. Também, despertou-se nos jogadores o

interesse em conhecer melhor as alternativas de investimento existentes, e mostrou que essas opções podem ser interessantes e rentáveis. Já Abensur e Oliveira (2010) trataram através de um jogo questões relacionadas à teoria e prática de leilões, mercado financeiro, macroeconomia e engenharia econômica. Em seu trabalho os autores apresentam a estrutura e implementação do jogo, mas sem resultados de aplicação prática.

Como exemplo de trabalhos na área de custos cita-se Pallone et al. (2010) e Hein e Rabenschlag (2007). No primeiro trabalho, é apresentado o uso da teoria de custeio variável como ferramenta para auxiliar no processo de tomada de decisão no jogo de empresas Mercado Virtual. Os chamados jogos de empresas criam um cenário onde o jogador assume o papel de gestor de uma empresa, e toma decisões relacionadas a diversas áreas, como marketing, finanças e operações. Desse modo, os autores entendem que é possível utilizar jogos de empresas para ensinar contabilidade de custos, apesar deste não ser o foco principal destes jogos. Já Hein e Rabenschlag (2007) propõem o uso de jogos para ensinar aos alunos como escolher o método de custeio adequado para a definição do *mix* de produtos a ser fabricado.

Na área de logística, Chang et al. (2009) propõem o uso de um ambiente parametrizável chamado SIMPLE. Segundo os autores, esse ambiente pode ser adaptado para o ensino de gestão de estoques, gestão da capacidade, negociação e determinação de preços, e compartilhamento de informações na cadeia produtiva. A aceitação dos alunos foi avaliada com base em um questionário, aplicado a 32 alunos de graduação e 24 alunos de pós-graduação, contendo afirmações sobre a interface do jogo e sobre a experiência de aprendizagem. Os autores concluem que houve uma boa aceitação da atividade proposta por parte dos alunos, assim como por parte dos professores que declararam em entrevista seu interesse na continuidade da realização da atividade. Outro aspecto destacado pelos autores é a contribuição do SIMPLE para a aprendizagem dos alunos, pois, diferentemente de outros cursos, na área da produção e logística não existem laboratórios onde os alunos possam aplicar os conhecimentos adquiridos, dificultando a consolidação desses conhecimentos. Nesse sentido, tal estudo confirma que as atividades virtuais são uma alternativa para essa demanda. Ribeiro, Saggin e Amorin (2010) propõem o uso do jogo LOGSIM como ferramenta de simulação logística. Nesse jogo, o aluno deve reduzir o custo logístico através da escolha adequada das quantidades de suprimentos transportadas e do modal a ser utilizado. Outro exemplo de trabalho nessa área é Bouzada (2009). Seu trabalho merece destaque por utilizar cidades brasileiras e as distâncias reais entre elas. No jogo, o aluno deve definir o local e a quantidade de fábricas e centros de distribuição, assim como a programação da

produção e dos transportes. Os autores enfatizam que o jogo não é adequado para iniciantes no assunto, devido a sua complexidade, mas ele foi capaz de transmitir os conceitos desejados nas aplicações realizadas.

Outra área que tem feito uso dos jogos educacionais é o planejamento e controle da produção. Schafranski et al. (1998) propõem um jogo que representa um cenário típico nesta área, onde o jogador é responsável por adquirir a matéria-prima e coordenar a produção de uma fábrica, buscando atender a demanda sem esquecer dos custos envolvidos e os estoques em processo e de produtos acabados. Em Borges (2001) encontra-se um cenário semelhante. Porém, de acordo com os autores, nesse jogo é possível definir uma grande variedade de *layouts*, apesar do artigo não deixar claro como isto ocorre na situação de jogo. Pasin e Giroux (2011), descrito na seção anterior, também propõem o uso de jogos para a área de gestão de operações.

A gestão da produção com base em conceitos da Produção Enxuta também tem motivado diversos trabalhos. O trabalho de Tan, Tse e Chung (2010) propõe que os alunos façam a gestão de uma fábrica de hidroaviões como meio de aprender os conceitos da Produção Enxuta. Ncube (2010) propõe o uso de um jogo comercial para trabalhar conceitos como: estoque zero, sistema puxado, redução do tamanho de lote, fluxo contínuo e balanceamento de linha. Além desses aspectos, a autora também argumenta que tal prática contribui para o desenvolvimento da comunicação, aprendizagem colaborativa e trabalho em grupo. Já Kuriger et al. (2010) propõem o uso de jogos para treinamento de conceitos *lean* voltados para áreas administrativas.

Embora os trabalhos apresentados mostrem que os jogos têm sido utilizados na Engenharia de Produção, nenhum dos trabalhos citados foi desenvolvido com vistas a atender as necessidades dos alunos ingressantes. Em geral, os jogos voltados para a área de planejamento e controle da produção parecem ter potencial para ilustrar o contexto de atuação do engenheiro de produção, pois caracterizam a diversidade de decisões necessárias para que um sistema produtivo funcione. Porém, tais jogos tratam de forma aprofundada do fluxo de materiais e informações (previsão da demanda, definição de *mix* de produção, etc), deixando de lado aspectos como manutenção dos equipamentos, investimentos em marketing ou gestão de pessoas, que são necessários para caracterizar de forma mais completa aos alunos ingressantes o contexto desse profissional.

Uma exceção é o trabalho de Treviño-Guzmán e Pomales-García (2014), que propõe um jogo com vistas à motivação e ao suporte de conceitos fundamentais da Engenharia de Produção. O jogo proposto consiste num simulador em três dimensões de uma fábrica, e o

papel do jogador é gerenciá-la de modo eficiente, obtendo o maior lucro possível. A atividade proposta teve duração média de quatro horas e ocorreu fora do horário de aula dos alunos. Esse jogo foi aplicado com alunos do ensino médio que pretendem conhecer melhor a profissão antes de definir sua carreira e com calouros de graduação. Como resultado, observou-se que nos dois grupos analisados houve um aumento na motivação para seguir essa carreira após o jogo. Os autores argumentam que, dessa forma, é possível captar novos alunos para o curso e evitar a evasão. Também foi observado que, através do jogo, os alunos foram capazes de identificar conceitos relacionados à Engenharia de Produção, resultando num melhor entendimento do papel deste engenheiro.

2.5 Considerações finais

Conforme apresentado neste capítulo, existem na literatura estudos que apresentam evidências teóricas e empíricas sobre o potencial de contribuição dos jogos educacionais tanto para a aprendizagem quanto para a motivação dos alunos. Por serem familiares aos jovens e tenderem a motivá-los mesmo frente a situações complexas (COLLER; SCOTT, 2009; GEE, 2003), os jogos educacionais podem ser um meio viável de engajar os alunos ingressantes na aprendizagem de conceitos da Engenharia de Produção. A integração de conhecimentos não deve focar na criação de atividades integrativas posteriores à aprendizagem, mas sim em proporcionar atividades de aprendizagem que integrem naturalmente os novos conhecimentos na estrutura de conceitos já existente no aluno desde o início do curso. Assim, os jogos educacionais contribuem nesse processo por permitirem apresentar estruturas complexas a alunos ingressantes sem desmotivá-los, auxiliando na construção de uma visão inicial sobre a Engenharia de Produção que influenciará aprendizagens futuras. Entretanto, na literatura pesquisada, poucos artigos apresentam estudos sobre jogos educacionais com foco em alunos de primeiro ano.

Entre as teorias de aprendizagem apresentadas, a perspectiva construtivista parece sustentar de forma mais apropriada o uso de jogos educacionais no contexto do presente trabalho, sendo adotada essa perspectiva no desenvolvimento do jogo proposto. Primeiramente, pretende-se que os alunos construam uma visão ampla sobre o contexto do engenheiro de produção a partir de seus conceitos prévios. Os alunos já possuem uma noção intuitiva dos conceitos a serem abordados, adquiridos de uma forma espontânea na interação com a sociedade. Por exemplo, os termos preço, custo, empresa e mercado são de conhecimento dos alunos, porém cada aluno tem uma compreensão própria sobre seus

significados e suas inter-relações, embora haja semelhança entre as diferentes compreensões. Dessa forma, entende-se que o jogo proposto deve oportunizar uma situação que permita a reflexão e reestruturação desses conceitos. A partir do conflito entre suas previsões e os resultados obtidos no jogo, os alunos têm uma condição favorável à aprendizagem segundo a visão construtivista (POZO, 2008). A segunda razão para a perspectiva adotada está na natureza social do processo de aprendizagem. Na visão construtivista, a interação entre indivíduos é uma das fontes de construção do conhecimento (GREDLER, 2009). Num primeiro momento, existe a troca de informações entre alunos, que promove o nivelamento de entendimento entre os pares, fomentando a re-elaboração de sua visão de mundo para resolver os conflitos entre diferentes visões. Num segundo nível, está a relação entre professor e alunos. Na perspectiva construtivista, o professor é um facilitador do processo e não a fonte do conhecimento que seria transmitido de forma pronta (POZO, 2008). Assim, os alunos devem tomar suas próprias decisões para então, a partir das inconsistências percebidas, buscar auxílio no professor para melhor elaborar suas redes de conceitos.

Outro aspecto apontado pela revisão é a relação dos jogos com a motivação dos alunos. Primeiramente, os jogos podem motivar os alunos a participarem da atividade pela satisfação que ela proporciona. Entretanto, o potencial dos jogos despertarem o interesse dos alunos sobre uma determinada área de conhecimento também é importante, principalmente no contexto do presente trabalho, que lida com a necessidade de estimular os alunos para aprendizagens futuras.

Por fim, a literatura analisada apontou o potencial de uso dos dados contidos nos jogos para avaliar a compreensão dos alunos sobre determinado conteúdo. Essa forma diferenciada de avaliação distingue-se das avaliações tradicionais devido ao seu caráter prático e dinâmico. Além disso, a análise dos dados provenientes da interação dos alunos com os jogos podem contribuir para o aprimoramento do jogo em si, uma vez que pode revelar as dificuldades dos alunos no atendimento dos objetivos pedagógicos.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado, composto por duas etapas. A primeira etapa do método, descrita na seção 3.1, consiste no desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino da Engenharia de Produção. Essa etapa compreende as fases de análise, projeto e desenvolvimento do jogo a ser utilizado. Na segunda etapa, seção 3.2, é detalhado o procedimento utilizado para avaliar a contribuição deste jogo para o ensino da Engenharia de Produção.

3.1 Desenvolvimento do jogo

A primeira etapa aborda o desenvolvimento de um jogo educacional para o ensino de conceitos da Engenharia de Produção. Esta etapa garante domínio do pesquisador sobre as características pedagógicas do jogo. Seu desenvolvimento utilizou a estratégia de prototipagem rápida (JONES; RICHEY, 2000; TRIPP; BICHELMEYER, 1990), onde um protótipo funcional é utilizado para aprofundar o entendimento do contexto, características e aplicabilidade do material instrucional desenvolvido. Dessa forma, o jogo proposto foi concebido a partir de um protótipo utilizando uma planilha eletrônica, com o qual foi possível realizar a análise preliminar e o projeto para a versão final do jogo proposto nesta tese.

Durante a fase de análise foram definidos os objetivos pedagógicos do jogo, o contexto de ensino e os recursos necessários. Em função desses aspectos, na chamada fase de projeto, as características do jogo proposto foram definidas, como a história, seu objetivo, forma de interatividade e duração, de modo a atender aos propósitos pedagógicos. A sobreposição entre a fase de análise e projeto, viabilizada pelo protótipo desenvolvido, visou garantir que os elementos facilitadores da aprendizagem que não estivessem presentes na parte computacional do jogo fossem incorporados na atividade de ensino que contextualiza o jogo. Dessa forma, o jogo desenvolvido constitui-se numa atividade de ensino que tem em sua parte computacional o catalisador da aprendizagem, mas que não se restringe a ela. A concepção mais ampla de atividade de ensino visa garantir a consecução dos objetivos pedagógicos. Já a concepção mais restrita, parte computacional do jogo, possui objetivos próprios da história e do contexto criados, considerados objetivos do jogo em si, que servem de base para alcançar os objetivos pedagógicos.

A partir do projeto, iniciou-se o desenvolvimento da parte computacional do jogo. Esta fase de desenvolvimento envolveu principalmente a concepção estética e a programação

das regras do jogo. Também foram elaborados os materiais de apoio para a utilização do jogo, que fornecem instruções para professores e alunos, Apêndices A e B, respectivamente. Tanto a estrutura pedagógica do jogo quanto a estrutura computacional são detalhadas no Capítulo 4, entretanto, cabe destacar aqui que o jogo foi concebido para ser utilizado tanto por alunos quanto professores a partir de um navegador com acesso à internet.

3.2 Avaliação das contribuições do jogo proposto para o ensino

A segunda etapa do método utilizado consiste na avaliação das contribuições do jogo proposto para o ensino de Engenharia de Produção. Para tanto, o jogo foi utilizado em três universidades do Rio Grande do Sul, envolvendo 219 alunos que estavam cursando o primeiro semestre do curso de Engenharia de Produção. Buscaram-se evidências das contribuições para o ensino a partir das informações obtidas por meio de questionário e da análise dos dados armazenados pelo jogo. Os resultados desta etapa do método são apresentados no Capítulo 5.

3.2.1 Método de análise dos dados contidos no questionário

Para avaliar a aplicabilidade do jogo como atividade pedagógica, foi aplicado um questionário após a realização da atividade proposta. Com vistas à caracterização dos participantes, foram coletadas informações sobre a idade e gênero dos mesmos, assim como se estes possuíam computador em casa. Nesse questionário também foram investigados três aspectos: aprendizagem, motivação e receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais. As respostas dos alunos foram tabuladas e analisadas utilizando-se o software de análise estatística SPSS.

3.2.1.1 Evidências de aprendizagem

O primeiro aspecto analisado é a percepção dos alunos sobre a aprendizagem com o jogo proposto. Para tanto, os participantes responderam a seguinte questão: no seu julgamento, você aprendeu algo com a atividade realizada? Essa questão foi respondida em uma escala Likert de cinco pontos, variando entre aprendi pouco e aprendi muito.

De forma mais abrangente, também se buscou capturar a percepção dos alunos sobre a utilidade dos jogos educacionais em geral para a aprendizagem. Tal percepção foi avaliada pelo grau de concordância do respondente com três afirmações propostas, Figura 7, variando,

em uma escala Likert de cinco pontos, entre discordo plenamente e concordo plenamente. Dessa maneira, busca-se um distanciamento das particularidades do jogo proposto, avaliando a percepção dos alunos sobre os jogos educacionais em geral. A consistência interna das afirmações foi avaliada a partir do cálculo do Alfa de Cronbach, adotando um limite inferior de 0,7 para aceitação da escala (HAIR et al., 2006). Uma vez aceita a escala, a nota do constructo, calculada como a média das três questões, foi utilizada para avaliar a percepção de utilidade dos jogos educacionais.

Afirmações	Adaptado de:
Eu acredito que os jogos educacionais me ajudam a aprender	Ong, Lai e Wang (2004) Venkatesh e Bala (2008) Ibrahim et al. (2011)
Jogos educacionais facilitam o aprendizado de situações complexas, permitindo a vivência de situações parecidas com a realidade	Elaborado pelo autor.
Eu posso melhorar o desempenho do meu aprendizado através do uso de jogos educacionais	Ong, Lai e Wang (2004) Venkatesh e Bala (2008) Ibrahim et al. (2011)

Figura 7: Avaliação da utilidade dos jogos educacionais
Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda, para avaliar a aprendizagem foi elaborado um questionário contendo doze questões de verdadeiro ou falso sobre três tópicos principais presentes no jogo, ver Figura 8, observando que essas questões foram apresentadas em uma ordem aleatória no questionário aplicado aos alunos. O objetivo do questionário é verificar a capacidade dos alunos identificarem aspectos relacionados ao contexto de um engenheiro de produção. O primeiro tópico aborda a relação entre o sistema produtivo e o mercado. Neste tópico, espera-se que o aluno demonstre que compreende a necessidade de equilíbrio entre a produção e a demanda, questões 1 e 2, evitando os custos de perda dos clientes pela falta de produtos ou os custos de estoque pelo excesso de produção. Também se espera que eles percebam que o equilíbrio entre produção e demanda pode ser alcançado não apenas pela alteração da produção, facilmente percebida como sendo de domínio da empresa, mas também pela alteração da demanda, visto que através do preço dos produtos é possível influenciar seu consumo, questão 3. Um último aspecto presente nesse tópico, questão 4, aborda a necessidade de compreenderem que nem todos os tipos de variações na demanda devem ser acompanhadas pela alteração na infraestrutura, visto o elevado custo de aquisição desse tipo de recurso produtivo.

O segundo tópico do questionário aborda o equilíbrio entre os diferentes tipos de recursos necessários para a produção, neste caso enfocando na infraestrutura fabril, mão de obra e matéria-prima. Esse equilíbrio deve ser observado em termos da capacidade produtiva

de cada um dos recursos, questão 5, considerando a eficiência na sua utilização, questão 6. Este equilíbrio é importante, pois a capacidade produtiva de um sistema é limitada pelo recurso de menor capacidade, questão 7, de modo que só é possível aumentar a produção a partir do aumento da capacidade do recurso restritivo, questão 8.

Questões	Resposta
Relacionamento entre o sistema produtivo e o mercado	
1) Quando a produção é menor que a demanda, não se perde dinheiro, pois tudo o que foi produzido é vendido.	Falso
2) A produção deve ser maior que a demanda para garantir produtos em estoque.	Falso
3) Uma das formas de influenciar a demanda pelos produtos da empresa é através da variação do preço.	Verdadeiro
4) É interessante variar o tamanho da infraestrutura fabril para acompanhar as variações de curto prazo da demanda.	Falso
Equilíbrio entre os recursos produtivos (infraestrutura fabril, mão de obra e matéria-prima)	
5) É necessário equilibrar a capacidade dos recursos produtivos (infraestrutura fabril, mão de obra e matéria-prima) para reduzir as ineficiências da empresa.	Verdadeiro
6) Para se saber a capacidade disponível de um recurso, é necessário levar em conta a eficiência na sua utilização.	Verdadeiro
7) A produção realizada em um período depende da quantidade de infraestrutura fabril, de mão de obra e de matéria-prima, e será igual ao recurso mais abundante.	Falso
8) Sempre que se aumentar a quantidade de um dos recursos produtivos (infraestrutura fabril, mão de obra ou matéria-prima), haverá aumento na produção.	Falso
Função dos investimentos em uma empresa	
9) A falta de investimentos compromete o desempenho da empresa, pois reduz a eficiência no uso dos recursos.	Verdadeiro
10) A falta de investimentos compromete o desempenho da empresa, pois prejudica a sua imagem no mercado.	Verdadeiro
11) Os investimentos devem ser realizados de modo a manter os indicadores de desempenho equilibrados, evitando a excelência em alguns indicadores e um desempenho fraco em outros.	Verdadeiro
12) Independente do tamanho da empresa, deve-se investir a maior quantia possível para obter um desempenho excelente.	Falso

Figura 8: Questões referentes à aprendizagem dos conteúdos presentes no jogo

Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o terceiro tópico em que se pretende avaliar o conhecimento dos alunos é com relação à função dos investimentos em uma empresa. A falta de aplicação de recursos financeiros em uma empresa pode afetar a eficiência no uso dos recursos produtivos, questão 9, devido, por exemplo, à falta de investimentos em qualificação dos recursos humanos que reduz a eficiência da mão de obra. Outro aspecto que pode ser afetado pela falta de investimentos é a imagem da empresa no mercado, questão 10, visto que, por exemplo, a falta de investimentos em marketing pode conduzir a uma baixa procura pelos produtos da empresa. Independente da área onde os recursos financeiros são investidos é necessário que se invista de forma racional, mantendo um equilíbrio entre as diferentes áreas, questão 11, pois um desempenho fraco em um único indicador pode reduzir significativamente a produtividade de toda a empresa. Exemplo disso seria uma baixa eficiência da mão de obra, que afeta a quantidade de produtos produzidos, tornando sem efeito os investimentos nas demais áreas,

como marketing ou atualização tecnológica. Finalmente, o último aspecto abordado é a relação entre o investimento e a melhoria proporcionada, questão 12. Como a relação entre esses dois aspectos não é constante, obter níveis excelentes de desempenho exige investimentos elevados, que não são compensados pelo ganho obtido.

Para avaliar o ganho no entendimento destes conceitos pelos alunos, este questionário foi aplicado antes e após a atividade com o jogo proposto em uma das turmas analisadas. A primeira aplicação deste questionário ocorreu uma semana antes da atividade em sala de aula. Esta antecedência permite que os alunos desenvolvam a atividade com o jogo naturalmente, minimizando a influência do questionário anterior sobre as decisões tomadas durante o jogo. A segunda aplicação do questionário ocorreu ao término da aula, após a realização da atividade. Nas ocasiões onde o respondente havia deixado a resposta em branco, considerou-se que a resposta estava errada. Para avaliar se houve aprendizagem realizou-se a análise da diferença entre as médias, com os dados pareados entre o teste antes e após a atividade, a um nível de significância de 0,01.

3.2.1.2 Evidências de motivação

O segundo aspecto relacionado ao ensino em que o uso de jogos pode contribuir é através da motivação dos alunos. Conforme apresentado na revisão teórica, a motivação é um dos elementos que pode contribuir para a melhoria da aprendizagem. Um dos resultados que se espera do uso do jogo proposto é despertar no aluno o interesse pelos conteúdos do curso de Engenharia de Produção. Esse aspecto foi avaliado através da seguinte questão: esta atividade motivou você a conhecer melhor os conteúdos da Engenharia de Produção? Os participantes responderam essa questão em uma escala Likert de cinco pontos, variando entre desmotivou bastante e motivou bastante. Desse modo, é possível capturar a percepção dos alunos sobre o potencial da atividade proposta motivar o aluno para o curso.

Ainda, além do potencial de motivação para conteúdos futuros, também é necessário avaliar se os alunos possuem motivação para participar de atividades com jogos educacionais. Para avaliar a motivação intrínseca dos alunos para o uso do jogo proposto, perguntou-se aos participantes se eles gostaram da atividade realizada, visto que a percepção de prazer e satisfação em realizar uma tarefa tem influência sobre a motivação intrínseca para a realização da mesma (REEVE, 1989). Essa questão foi respondida em uma escala Likert de cinco pontos, variando entre gostei pouco e gostei muito.

Por fim, visando capturar uma visão mais abrangente e genérica, incluiu-se no questionário três questões para mensurar a percepção de satisfação associada ao uso de jogos educacionais em geral. Essa percepção foi avaliada pelo grau de concordância do respondente com as afirmações propostas, Figura 9, variando, em uma escala Likert de cinco pontos, entre discordo plenamente e concordo plenamente. Após a verificação da consistência interna das afirmações, a partir do cálculo do Alfa de Cronbach, avaliou-se a percepção dos alunos sobre a satisfação no uso de jogos educacionais com base na nota deste constructo, obtida como a média das notas nas três afirmações para cada um dos respondentes.

Afirmações	Adaptado de:
Eu acho agradável utilizar jogos educacionais.	Giannakos (2013) Venkatesh (2000)
O processo de utilizar jogos educacionais é prazeroso.	Venkatesh (2000)
Eu me divirto utilizando jogos educacionais.	Giannakos (2013) Venkatesh (2000)

Figura 9: Avaliação da satisfação no uso de jogos educacionais

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1.3 Receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais

Um aluno com alto grau de aceitação para o uso de jogos educacionais tende a participar ativamente quando esse é proposto pelo professor. Portanto, há interesse em mensurar o grau de aceitação dos alunos pelo uso dos jogos educacionais e, desse modo, avaliar se seu uso é recomendado ou não em função dessa aceitação.

Uma das formas de avaliar a aceitação dos alunos para o uso de jogos educacionais é através da mensuração da sua intenção de uso desses materiais. A Teoria da Ação Racional utiliza a intenção para realizar uma ação como um indicador para prever o comportamento real de um indivíduo. Segundo Sheppard, Hartwick e Warshaw (1988), ao realizar um meta-análise com 87 estudos, foi observada uma correlação média de 0,53, com nível de significância 0,01, entre a intenção e a efetiva realização da ação pretendida. Assim, percebe-se que a avaliação das intenções reflete a propensão de um indivíduo para determinada ação e, conseqüentemente, a aceitação para tal ação. Quando a ação em questão envolve o uso de uma nova tecnologia, a intenção revela implicitamente a aceitação dos indivíduos por essa tecnologia. Um dos exemplos de uso da Teoria da Ação Racional nesse contexto é o Modelo de Aceitação Tecnológica (*Technology Acceptance Model*) proposto por Davis, Bagozzi e Warshaw (1989) para avaliar o uso de computadores no meio empresarial. Uma extensão mais recente desse modelo pode ser encontrada em Venkatesh e Bala (2008).

Embora esse modelo teórico procure explicar as causas que promovem determinadas ações, a principal contribuição do Modelo de Aceitação Tecnológica para esta pesquisa é proporcionar uma forma de mensurar a aceitação dos jogos educacionais. Com base nesse modelo, utilizou-se um conjunto de três afirmações para mensurar o interesse dos alunos em utilizar os jogos educacionais em geral, conforme Figura 10, variando, em uma escala Likert de cinco pontos, entre discordo plenamente e concordo plenamente. Novamente, a consistência interna dessas afirmações foi avaliada a partir do cálculo do Alfa de Cronbach, e a avaliação da intenção de uso dos jogos educacionais se deu pela nota deste constructo, obtida pela média das notas das afirmações para cada um dos respondentes.

Afirmações	Adaptado de:
Uma vez que eu tenha acesso a um jogo educacional, eu irei utilizá-lo.	Venkatesh e Bala (2008) Ong, Lai e Wang (2004)
Eu irei recomendar fortemente o uso de jogos educacionais aos meus amigos.	Lee (2010)
Eu pretendo utilizar jogos educacionais sempre que possível.	Terzis, Moridis e Economides (2013)

Figura 10: Avaliação da intenção de uso dos jogos educacionais
Fonte: Elaborado pelo autor

Finalmente, a última análise realizada com base nos dados do questionário buscou compreender quais fatores influenciam a intenção de uso dos jogos educacionais. Para tanto, foram considerados como fatores influentes a percepção de utilidade para a aprendizagem e a percepção de satisfação, identificados anteriormente. A partir de uma análise de regressão linear mensurou-se a influência desses fatores na aceitação dos alunos. Para essa regressão utilizou-se a nota dos constructos como medida representativa da percepção do respondente.

3.2.2 Método de análise dos dados armazenados pelo jogo

Durante o jogo, todas as decisões tomadas pelos grupos de alunos foram armazenadas, assim como o *feedback* fornecido pelo jogo para tais decisões. Esses dados foram armazenados pelo próprio jogo durante a interação dos alunos. Ao todo foram coletadas 41 variáveis sobre cada um dos grupos em 24 momentos distintos do jogo. Esses dados foram utilizados nas análises a seguir.

3.2.2.1 Alinhamento entre os objetivos pedagógicos e o objetivo do jogo

Para que um jogo tenha valor educacional é necessário que, na busca por atingir o objetivo do jogo, o jogador aprenda os conteúdos definidos nos objetivos pedagógicos. Uma

vez que o objetivo do jogo é definido pela história que dá contexto a ele, e os objetivos pedagógicos são definidos em função daquilo que se espera que o aluno aprenda, é natural uma distinção entre os dois. Para verificar o alinhamento entre tais objetivos, a partir dos dados coletados, foram definidas variáveis que representam o conhecimento do grupo sobre diferentes aspectos relacionados aos objetivos pedagógicos. A média dessas variáveis resultou num indicador geral do desempenho do grupo segundo os objetivos pedagógicos. Para representar o objetivo do jogo utilizou-se como indicador a variável empregada na comparação de desempenho entre os grupos ao longo de uma partida e que estabelece o grupo vencedor do jogo. Então, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson para estabelecer o grau de relação entre esses indicadores. Um alto grau de relacionamento positivo indica que ao obter um bom desempenho no jogo, o grupo também adquiriu o conhecimento referente aos objetivos pedagógicos. Um baixo grau de relacionamento indica que o jogo não está adequadamente alinhado com os objetivos pedagógicos, pois o desempenho no jogo não estará relacionado com os objetivos de aprendizagem.

3.2.2.2 Identificação de dificuldades na aprendizagem dos alunos

Esta etapa buscou identificar quais as dificuldades de aprendizagem enfrentadas pelos alunos. Ao longo de uma partida, os alunos enfrentam diferentes situações, e, para cada uma delas, de acordo com sua compreensão, uma decisão será tomada. Para compreender as dificuldades dos alunos é necessário compreender suas decisões de acordo com o contexto em que foram tomadas, pois uma mesma decisão pode estar correta em um dado contexto e em outro estar equivocada. Essa análise teve como base os objetivos pedagógicos identificados na etapa anterior, priorizando capturar a percepção dos alunos sobre as principais relações que governam a estrutura do jogo e deixando em segundo plano a precisão quantitativa de tais decisões. Para cada situação, foi definido o tipo de decisão esperada e avaliou-se o percentual de vezes que decisões corretas foram tomadas. A compreensão das dificuldades dos alunos permite entender melhor quais aspectos podem ser aprimorados na atividade proposta.

4 O JOGO

Este capítulo apresenta a atividade proposta para disciplinas de primeiro ano nos cursos de Engenharia de Produção, obtido como resultado da primeira etapa do método apresentado no Capítulo 3. Inicialmente, é apresentada a estrutura proposta para a atividade em sala de aula, sendo o jogo o elemento central. Após essa visão geral, apresenta-se o modelo matemático implementado no jogo, onde suas variáveis são detalhadas.

4.1 Estrutura pedagógica da atividade em sala de aula

4.1.1 Objetivos pedagógicos da atividade

A presente proposta tem como objetivo pedagógico situar os alunos no contexto das atividades do engenheiro de produção. Para tanto, utiliza-se o recurso dos jogos para inserir os alunos numa situação concreta, embora virtual, do contexto desse profissional. Tal situação vai além da exemplificação verbal normalmente utilizada para explicar o funcionamento de uma empresa ou de um sistema produtivo, pois cria referências objetivas para as discussões em sala de aula. Os exemplos verbais dependem em maior grau das experiências prévias dos alunos e exigem maior esforço na sua compreensão. A capacidade dos jogos situarem os alunos em um contexto definido, conforme discutido no Capítulo 2, permite que o diálogo se estabeleça com relação a um exemplo concreto compartilhado por alunos e professor, minimizando as inconsistências entre as diferentes visões. Ainda, a partir da vivência dessa atividade, espera-se uma maior homogeneidade entre as visões dos alunos, contribuindo para as aprendizagens futuras ao longo do curso.

De forma mais específica, esse objetivo pode ser enunciado como: expor de forma integrada os fatores que influenciam o desempenho de um sistema produtivo. Entre os inúmeros fatores que participam dessa relação foram selecionados três:

1. Mercado: necessidade de equilíbrio entre demanda e produção;
2. Recursos produtivos: necessidade de equilíbrio entre os recursos produtivos; e
3. Investimentos: necessidade de investimentos adequados em diferentes áreas.

Para que esses objetivos sejam alcançados, é necessário que o jogo esteja estruturado de modo a demandar dos alunos a compreensão desses aspectos no processo de superar o

desafio proposto no jogo. Outra condição estabelecida é que o jogo deve estimular a troca de informação entre os alunos, tornando mais uniforme as diferentes visões existentes entre os mesmos. Também é requisito da atividade que o papel do professor seja o de auxiliar os alunos no seu processo de enfrentamento do desafio, e que a atividade em si seja o motor da aprendizagem, e não o professor. Nesse caso, não se espera que o professor forneça aos alunos os conhecimentos em sua forma final, mas que guie os alunos no processo de resolução do desafio imposto pelo jogo.

Visando atender esses aspectos, o jogo proposto consiste num simulador que representa a competição entre diferentes empresas no mercado de venda de sucos de fruta. Assim, a turma é dividida em grupos e cada grupo de alunos é responsável por gerenciar uma das empresas de suco que competem nesse mercado. O jogo representa o período de 24 meses após a abertura da empresa. Cada rodada de decisões realizada pelos grupos representa um mês na vida das empresas do jogo. Mensalmente, cada grupo deve realizar doze decisões, que incluem aspectos como aquisição de recursos produtivos, investimentos a serem realizados e o preço a ser praticado. A partir dessas informações são calculados os indicadores de desempenho para o mês em questão, assim como o número de pedidos recebidos, que depende também das decisões da concorrência. Assim, a cada rodada, que corresponde a um mês, o grupo tem oportunidade de refletir sobre os resultados e ajustar sua estratégia antes de tomar as decisões do próximo mês. O objetivo do jogo é obter o melhor desempenho financeiro frente à concorrência. Os detalhes da estrutura do jogo e todos os seus elementos constituintes serão apresentados na seção 4.2.

4.1.2 Etapas da atividade

Nesta seção será apresentado o contexto no qual o jogo se insere. As etapas concebidas para potencializar o uso do jogo em sala de aula, facilitadoras do processo de aprendizagem, são apresentadas a seguir.

4.1.2.1 Etapa 1: Apresentação da atividade aos alunos

Para que os alunos tenham uma boa experiência com o jogo é necessário que eles tenham tempo para assimilar algumas características da atividade que será realizada. Para isso, uma semana antes da aula em que será utilizado o jogo, é apresentado e disponibilizado aos alunos um material contendo informações sobre a interface do jogo, as informações

disponíveis e as ações esperadas por parte dos grupos (Apêndice B). Tais informações não visam apenas familiarizar os alunos com a parte gráfica do jogo, mas principalmente apresentar o desafio proposto e as decisões que devem ser tomadas por eles ao longo do jogo. Desse modo, os alunos têm tempo para analisar o desafio proposto e refletir sobre quais estratégias eles julgam viáveis para superar tal desafio. Essa análise é fundamental para que os alunos tomem consciência das suas concepções prévias, pois essas serão postas à prova durante o jogo, criando a oportunidade para aprimorar tais concepções. Quanto maior o grau de consciência sobre suas concepções, maior o potencial de aprendizagem, visto que o conflito ou a corroboração desses modelos mentais será mais evidente.

Outro aspecto a ser evidenciado nesta etapa é o potencial que o professor tem de motivar os alunos para a atividade. Naturalmente, o fato de se tratar de uma atividade diferente, que propõe um desafio mais próximo da atividade profissional que os alunos esperam exercer, tende a motivar os alunos. Entretanto, alunos mais inseguros e com menos habilidade podem ter sua motivação reduzida caso percebam que tem baixa probabilidade de sucesso na tarefa (POZO, 2008). Desse modo, cabe ao professor deixar claro que todos têm condições de serem bem sucedidos no jogo, mas que para isso é necessário se preparar para o desafio. Também é importante enfatizar a necessidade de seriedade por parte dos alunos durante o jogo, visto que os demais alunos podem se sentir desmotivados caso algum grupo encare o jogo como uma brincadeira (GREDLER, 1996).

O processo de formação dos grupos também pode contribuir para o enriquecimento da atividade a ser realizada. Os grupos devem ser definidos já nesta etapa para que a análise do desafio possa ocorrer a partir do diálogo entre os membros do grupo. Também, a formação dos grupos pode ser estabelecida pelo professor, e não pela livre escolha dos alunos, visando criar um ambiente interno ao grupo semelhante ao encontrado na vida profissional, com maior diversidade de personalidades e sem separação por gênero. Para o presente jogo, recomendam-se grupos com três ou quatro participantes.

4.1.2.2 Etapa 2: Capturar a atenção dos alunos

Esta etapa abre a aula em que se utiliza o jogo como parte do processo de ensino, e tem como objetivo focar a atenção dos alunos para a atividade a ser realizada. A aula inicia com a organização dos grupos e o acesso ao jogo em si, que ocorre a partir de um navegador com acesso a internet. O próprio contato com o material do jogo tende a capturar a atenção dos alunos. A tela inicial do jogo propõe o desafio de gerenciar uma empresa de sucos de

fruta durante dois anos, ver Figura 11a. Em seguida os alunos devem informar o nome da sua empresa, ver Figura 11b, fortalecendo o vínculo deles com a experiência de gestão da empresa. Uma vez informado o nome da empresa, os alunos aguardam até que todas as empresas informem seus nomes, enquanto isso o grupo acompanha a lista das empresas já cadastradas. Esta sincronização é necessária para que todos os grupos iniciem a partida juntos, e tenham o mesmo tempo para tomar as decisões.

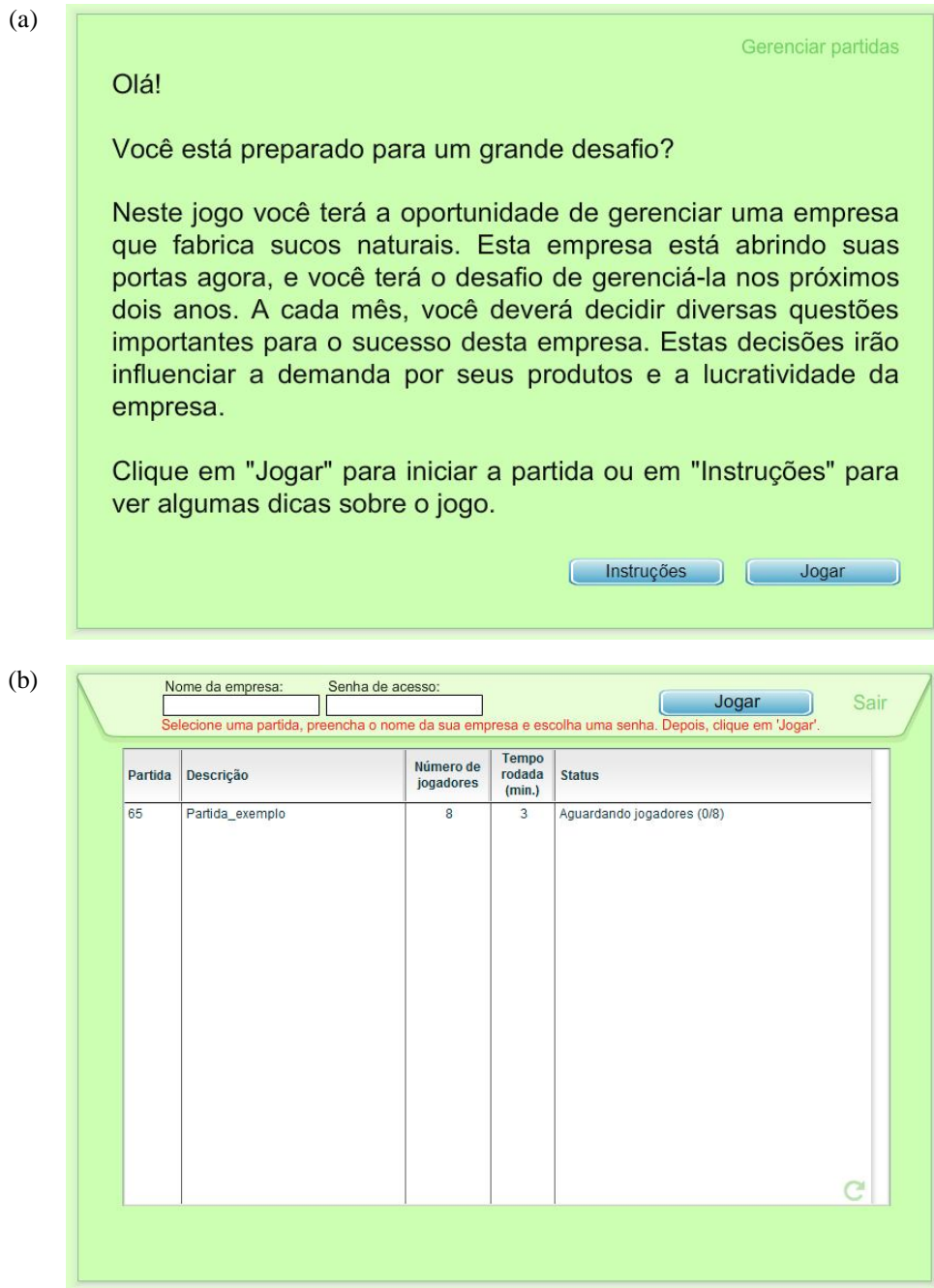


Figura 11: (a) Tela de apresentação do jogo; (b) Seleção da partida e definição do nome da empresa
Fonte: elaborado pelo autor

Ao mesmo tempo em que os alunos se preparam para o jogo, o professor também acessa o material via internet. Porém, o professor tem acesso a uma área restrita, de onde ele pode gerenciar as partidas, ver Figura 12a. Como opções de gestão de partidas, o professor pode criar ou excluir uma partida, exibir/ocultar a partida dos alunos, observar uma partida, alterar sua senha e gerenciar as equipes (excluir ou alterar a senha da equipe). Ao observar uma partida, o professor tem acesso às variáveis públicas de cada uma das empresas, resumidas em uma tabela que representa o mercado, Figura 12b. Nessa tela, o professor dará início à partida quando todas as equipes já estiverem cadastradas. Essa tela de visualização do mercado deve ser projetada no quadro para que, ao longo da partida, todos visualizem como os concorrentes e o mercado evoluem.

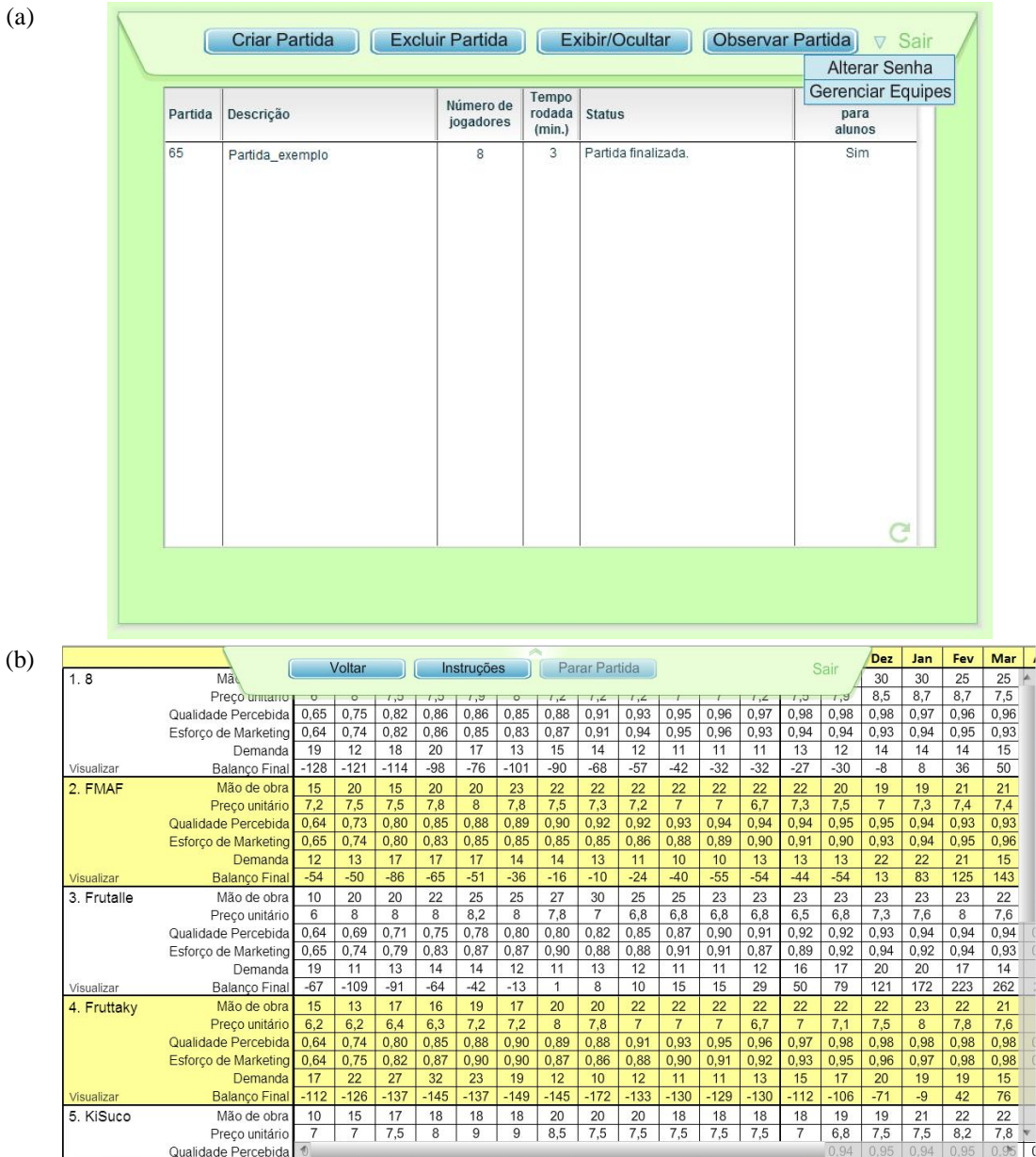


Figura 12: (a) Tela de gerenciamento das partidas; (b) Tela com informações sobre as empresas do mercado

Fonte: elaborado pelo autor

4.1.2.3 Etapa 3: Reforçar os objetivos do jogo

Após o cadastro de todas as empresas, os alunos estão prontos para iniciar o jogo. Entretanto, é importante que o professor reforce qual é o objetivo do jogo e quais são as expectativas de desempenho. Conforme já comentado, o objetivo do jogo é obter o melhor desempenho financeiro frente à concorrência. Para o jogo em questão, é importante destacar que a variável denominada Balanço Final, que será apresentada na seção 4.2.2, é que determina o desempenho da empresa em termos globais e será utilizada para avaliar a colocação da empresa no mercado. Entretanto, a variável Lucro Mensal é um bom indicador do desempenho momentâneo da empresa, e os grupos também devem utilizá-la como critério de avaliação das suas decisões. Essas informações auxiliam os alunos a atuar de forma racional, e não aleatória, durante o jogo, pois eles estão cientes de quais variáveis refletem o desempenho de suas decisões. Também, eles devem ser informados que o sucesso no jogo depende da compreensão das relações entre variáveis. Portanto, espera-se que eles compreendam os efeitos das alterações nas variáveis de decisão e que consigam identificar, em meio à diversidade de informação disponível, quais são os aspectos críticos e importantes de serem monitorados. Nesse sentido, cabe recomendar em sala o uso do diagrama com as principais relações entre as variáveis do jogo (Figura 14a), também presente no material disponibilizado aos alunos na semana anterior, como fonte de consulta até que essas relações sejam assimiladas.

4.1.2.4 Etapa 4: Vivenciar o desafio

Esta etapa consiste na aplicação do jogo em si. Neste momento, os alunos têm a possibilidade de mobilizar seu conhecimento na busca da superação do desafio proposto. Com relação à interface do jogo, na Figura 13 é apresentada a tela visualizada pelo grupo durante o jogo. As doze decisões que o grupo deve realizar a cada mês estão apresentadas na área Planejamento na tabela do jogo. Na primeira parte do planejamento, os alunos devem definir a quantia de cada um dos recursos que deve ser adquirida, sendo a infraestrutura fabril, a mão de obra e a matéria-prima os três tipos de recurso necessários para a produção. Na segunda parte do planejamento são informados os valores financeiros a serem investidos em sete áreas distintas. Finalmente, o planejamento fica completo quando é definido o preço do produto e o percentual do estoque que pode ser vendido a preço promocional. Após colocar os valores nos respectivos campos, o grupo deve enviar as decisões para o controle central que avalia o

desempenho da empresa frente à concorrência. O tempo limite para o envio das decisões de cada mês é de três minutos. Caso o grupo não envie as decisões dentro do tempo estipulado, o jogo enviará automaticamente os campos preenchidos e assumirá os valores do mês anterior para os campos em branco. Após a análise do controle central, é informado ao grupo o desempenho no respectivo mês. O retorno dado pelo controle central contém sete indicadores, bem como os resultados da produção e os resultados financeiros.

2:09	a1	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Planejamento															
Recursos produtivos (Valores de 10 a 30)															
	Infraestrutura fabril	10													
	Mão de obra														
	Matéria-Prima														
Investimentos (mil R\$) (Valores de 0 a 5)															
	Tecnologia														
	Manutenção														
	Qualificação dos Recursos Humanos														
	Desenvolvimento de Fornecedores														
	Controle da Qualidade														
	Logística e Distribuição														
	Marketing														
Abordagem mercadológica (Preço de 5 a 10)															
	Preço unitário (R\$)														
	Percentual do estoque em promoção														
Indicadores [0; 1]															
	Eficiência dos Equipamentos	1,00													
	Eficiência da mão de obra	0,50													
	Aproveitamento da matéria-prima	0,50													
	Eficiência da rede de distribuição	0,50													
	Qualidade Percebida	0,50													
	Esforço de Marketing	0,50													
	Imagem Institucional	0,50													
Resultados físicos/1000															
	Estoque Inicial														
	Produção														
	Disponível para venda														
	Demanda														
	Vendas														
	Sobra														
	Vendas promocionais														
	Estoque Final	0													
Resultados financeiros															
Receitas (mil R\$)															
	Venda de infraestrutura														
	Faturamento														
	Total das receitas														
Despesas (mil R\$)															
	Aquisição de infraestrutura														
	Energia, água, telefone, etc.														
	Mão de obra														
	Matéria-prima														
	Investimentos														
	Armazenagem														
	Total das despesas														
Lucro/prejuízo (mil R\$)															
	Mensal														
	Acumulado	100													
	Rendimento/juros financeiros														
Balanco final (mil R\$)															

Figura 13: Tela principal do jogo

Fonte: elaborado pelo autor

Os alunos também têm acesso no próprio computador às informações sobre os concorrentes que são projetadas pelo professor no quadro, apresentadas na Figura 12b. Assim,

é possível ter uma noção do tamanho das empresas concorrentes a partir da quantidade de mão de obra contratada por eles, assim como do preço praticado no mercado, da qualidade e do marketing dos concorrentes. Também é possível saber a demanda existente para os produtos concorrentes, porém essa demanda representa a procura pelos produtos e não aquilo que a empresa realmente vendeu, pois as vendas podem estar limitadas por uma baixa produção. Por fim, a última informação disponível é o Balanço final, que representa o desempenho global da empresa ao longo do jogo. Dessa forma, os alunos têm condições de avaliar sua posição no mercado e identificar a necessidade de aumentar a competitividade da empresa.

Além de informações intrínsecas ao jogo, como os dados da própria empresa ou dos concorrentes, o jogo fornece algumas informações de apoio, para auxiliar no processo de tomada de decisão. Essas informações visam facilitar a tarefa e proporcionar uma visão com foco nas relações entre elementos, minimizando que o jogo se torne um processo de tentativa e erro pouco instrutivo. Na tela de instruções, Figura 14a, é apresentado o diagrama que resume as relações entre as variáveis do jogo. Nessa tela, os alunos também têm acesso à descrição das informações presentes na tela principal do jogo, indicando o significado de cada uma delas, assim como algumas instruções sobre o preenchimento dos campos. Essas informações são idênticas às fornecidas na semana anterior ao jogo. As informações sobre cada uma das variáveis também pode ser acessada clicando sobre o nome da variável na tela principal, como pode ser observado na Figura 14b.

Enquanto os alunos interagem com o jogo, o professor tem oportunidade de observar e analisar o desempenho dos grupos. O papel do professor na dinâmica do jogo é de um consultor, que pode fornecer informações úteis para a gestão das empresas. Essa troca de informações entre alunos e professor pode ocorrer em dois níveis: da turma ou do grupo. No nível da turma, o professor, durante o jogo, alerta a turma como um todo sobre aspectos importantes para o desempenho das empresas ou esclarece dúvidas coletivas. Para que o professor possa realizar intervenções durante o jogo, a partir da tela apresentada na Figura 12b é possível parar a partida a qualquer momento.

Entre as informações de ampla divulgação, que buscam conduzir e melhorar a compreensão dos alunos sobre o jogo, estão os três fatores que influenciam o desempenho de um sistema produtivo, enunciados na seção 4.1.1. Assim, após os alunos terem se familiarizado com a interface e observado o resultados dos primeiros meses, o professor deve enfatizar o primeiro fator, a importância do equilíbrio entre demanda e produção. Os grupos devem observar os resultados obtidos nos meses que se passaram e avaliar se eles

(a)

Instruções sobre o jogo

Quadro resumo da relação entre as decisões e alguns indicadores

*As setas vermelhas indicam que os cinco investimentos marcados influenciam os indicadores apontados

Gerenciando a produção de suco de fruta

Vocês são donos de uma empresa que produz suco de frutas, sendo que o carro chefe é um concentrado de 2 litros vendido em supermercados. Há várias outras empresas que também vendem o concentrado de suco de frutas em embalagem de 2 litros, de forma que a competição pelos clientes é intensa. Cabe a vocês gerenciar a empresa de forma a obter vantagem sobre os concorrentes. Vocês devem decidir a respeito do tamanho da linha de produção (infraestrutura fabril, número de funcionários e volume de matéria prima), investimentos a serem feitos (tecnologia, manutenção, qualificação de mão de obra, desenvolvimento de fornecedores, controle de qualidade, investimento em logística e distribuição, investimento em marketing).

Fechar

(b)

2:09	a1	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr
Planejamento								
Recursos produtivos (Valores de 10 a 30)								
	Infraestrutura fabril 10							
	Mão de obra							
	Matéria-Prima							
Investimentos (mil R\$) (Valores de 0 a 5)								
	Tecnologia							
	Manutenção							
	Qualificação dos Recursos Humanos							
	Desenvolvimento de Fornecedores							
	Controle da Qualidade							
	Logística e Distribuição							
	Marketing							
Abordagem mercadológica (Preço de 5 a 10)								
	Preço unitário (R\$)							
	Percentual do estoque em promoção							
Indicadores [0; 1]								
	Eficiência dos Equipamentos 1,00							
	Eficiência da mão de obra							
	Aproveitamento da matéria-prima							
	Eficiência da rede de distribuição							
	Qualidade Percebida 0,50							
	Esforço de Marketing 0,50							

Figura 14: (a) Tela de instruções sobre o jogo; (b) Visualização da descrição das variáveis a partir da tela principal

Fonte: elaborado pelo autor

conseguiram que a produção estivesse próxima da demanda por seus produtos. Dessa forma, os grupos que não estão tendo um bom desempenho têm como avaliar se esta pode ser uma das causas das dificuldades que a empresa enfrenta. Entretanto, conseguir este equilíbrio exige a articulação do conhecimento sobre outros aspectos do jogo, que aos poucos serão discutidos com os grupos. Essa graduação na transmissão dos pontos críticos do jogo visa dar tempo ao processo de assimilação da nova informação. É necessário que o aluno reflita sobre a nova informação e que tente alterar seu processo de decisão à luz da nova informação.

Outro ponto a ser destacado pelo professor após os primeiros meses é a presença da sazonalidade. A sazonalidade natural presente na demanda caracteriza-se como uma perturbação no equilíbrio entre demanda e produção. Logo, cabe aos grupos gerenciar seus recursos produtivos e influenciar o mercado de modo conveniente, através do preço, por exemplo. Os grupos devem estar cientes da presença desse fator, caso contrário, as perturbações observadas decorrentes dele podem confundir os alunos. Exemplo disso seria a crença dos alunos que o aumento/diminuição nas vendas é decorrente de uma determinada decisão, quando na verdade é consequência da sazonalidade. Tal situação não contribui com a aprendizagem, visto que o objetivo é que eles compreendam como utilizar suas variáveis de decisão para enfrentar os desafios impostos pela sazonalidade e pelos concorrentes.

O segundo fator, equilíbrio entre recursos produtivos, deve ser explicitado no quinto ou sexto mês do jogo. Para uma boa utilização dos recursos produtivos deve-se ter em mente que a produção total é igual à menor capacidade entre os recursos produtivos. Assim, não é apenas a quantidade de recurso adquirido que determina a produção final, mas essa depende também da eficiência no uso destes recursos disponíveis. Nesse ponto, cabe enfatizar aos grupos que todo recurso em excesso é uma perda para o sistema produtivo. Também é importante destacar que a sazonalidade afeta de forma distinta cada um dos recursos. A quantidade de infraestrutura (tamanho da fábrica) não pode ser alterada constantemente com vistas a acompanhar a variação na demanda, como é possível fazer com a matéria-prima. Em outras palavras, o horizonte de planejamento da infraestrutura é maior que o da mão de obra, que por sua vez é maior que o da matéria-prima. Logo, as variações na quantidade de infraestrutura devem ser menos frequentes do que as variações na mão de obra, que devem ser menos frequentes que as variações na quantidade de matéria-prima.

A busca pelo equilíbrio entre demanda e produção e pelo equilíbrio entre os recursos produtivos depende fundamentalmente dos investimentos realizados, terceiro fator. Espera-se que, neste ponto, os alunos já estejam raciocinando estrategicamente no uso dos investimentos para influenciar os aspectos desejados da empresa. Para isso, o diagrama presente nas

instruções, Figura 14a, é útil por explicitar graficamente os relacionamentos entre investimentos e os indicadores de desempenho. Neste caso, este diagrama servirá de suporte aos alunos até que eles consigam internalizar essas relações, situação em que não será mais necessário utilizar o diagrama. Entretanto, dependendo do desempenho dos grupos, pode ser necessário um comentário do professor para a turma como um todo a respeito dos investimentos, principalmente se não estiverem utilizando o diagrama como referência.

Embora os comentários abertos para a turma como um todo sejam úteis para estabelecer os pontos críticos na gestão das empresas, a interação com os grupos individualmente contribui notadamente para a aprendizagem dos alunos. No acompanhamento individualizado com os grupos, o professor tem a oportunidade de avaliar pontos específicos mal compreendidos pelos alunos e, através do diálogo, fornecer explicações personalizadas para o grupo. Nessas ocasiões, é possível antecipar alguns dos comentários que serão feitos abertamente para a turma, caso algum grupo esteja cometendo erros mais graves. Ao longo de toda a partida, o professor pode identificar quais os grupos estão com maior dificuldade a partir da análise dos indicadores mercadológicos projetados no quadro.

Cabe destacar que essa liberdade que o professor possui para interagir com os grupos individualmente decorre da capacidade do jogo gerenciar de forma autônoma o andamento da partida. Por utilizar os recursos de comunicação via internet, o controle central do jogo pode reunir as informações de todos os grupos e proporcionar o *feedback* sem depender do professor. Na versão preliminar, baseada em planilha eletrônica, o professor tinha um papel na dinâmica do jogo, que era de controlar a planilha responsável pela análise das decisões e determinação da demanda de cada grupo. Dessa forma, o tempo do professor estava dedicado ao controle da execução do jogo (controle do tempo de cada rodada e digitação das decisões na planilha de demanda), deixando menor tempo para a interação com os alunos.

Finalmente, o jogo se encerra quando os alunos enviam as decisões do vigésimo quarto mês. Após este envio é possível verificar quais equipes tiveram o melhor desempenho e iniciar as discussões de fechamento da atividade.

4.1.2.5 Etapa 5: Fechamento da atividade

Após a realização da atividade é necessário promover uma discussão de reflexão e fechamento com a turma, melhorando a retenção e a transferência da aprendizagem para outros contextos (CROOKALL, 2010; GAGNÉ et al., 2005). Neste momento, o professor deve partir das experiências dos alunos para reforçar os aspectos importantes da

aprendizagem. Assim, os grupos de melhor desempenho são questionados sobre quais as estratégias adotadas por eles e quais os fatores que eles consideram fundamentais para o sucesso deles. Com base nas colocações dos alunos, o professor enfatiza os objetivos da aprendizagem e discute as particularidades da simulação realizada, como a presença de sazonalidade e apenas três recursos necessários para a produção, por exemplo. Também é importante questionar os grupos que não tiveram um bom desempenho sobre as dificuldades enfrentadas. É necessário que esses grupos explicitem a lógica utilizada em suas decisões para confrontar sua estratégia com os demais grupos. Neste momento, busca-se identificar os pontos que impediram um desempenho melhor. Para tanto, pode ser útil projetar no quadro a tela principal com as decisões do grupo. Isto pode ser acessado pelo professor na própria tela de visualização do mercado, Figura 12b, clicando no botão “Visualizar” do grupo desejado. Dessa forma, a turma pode refletir sobre diferentes situações existentes no contexto do jogo, reforçando a lógica de funcionamento de uma empresa e as relações entre as variáveis.

Outro ponto a ser enfatizado é a oportunidade do professor utilizar, durante as discussões, exemplos que ampliem a aplicação do que foi aprendido. Por exemplo, ao discutir com a turma os efeitos da sazonalidade nas estratégias dos grupos, o professor pode enfatizar que essas dificuldades também estão presentes nas empresas que fabricam condicionadores de ar, visto sua forte sazonalidade. Também é possível estender a noção de que a produção é limitada pelo recurso com menor capacidade para um contexto mais geral. Para tanto, é importante reforçar que no jogo foram representados apenas três recursos necessários para a produção, mas que em um sistema produtivo mais complexo cada equipamento é um recurso produtivo e, portanto, pode estar limitando a produção final do sistema como um todo. O uso em outros contextos dos conhecimentos trabalhados pelo jogo deve ser estimulado pelo professor, e servem de fechamento para a atividade realizada.

4.2 Modelo matemático do simulador

Nesta seção é descrito em detalhes o modelo matemático utilizado para simular a produção e o mercado de sucos de fruta. Inicialmente são descritas as variáveis de decisão dos grupos (valores de entrada para os demais cálculos) para, em seguida, descrever as demais variáveis calculadas pelo simulador. Esta seção encerra a apresentação do jogo utilizado nesta pesquisa.

4.2.1 Variáveis de decisão dos jogadores

As variáveis de decisão dos jogadores estão reunidas em três grupos de decisões: quantidade de recursos produtivos, investimentos realizados em diferentes áreas e a abordagem mercadológica adotada. Como as decisões representam variáveis utilizadas nos cálculos apresentados na próxima seção, cada decisão descrita a seguir vem acompanhada do nome da variável que lhe representa entre parênteses. As variáveis descritas nesta seção representam as decisões tomadas no n -ésimo mês de vida das empresas do jogo, após ser divulgado o desempenho da empresa (variáveis descritas na próxima seção) no mês anterior.

No primeiro grupo, referente aos recursos produtivos, o jogador deve decidir sobre a quantidade de cada um dos recursos necessários para a produção. Essas decisões têm influência direta na quantidade de produtos produzidos. No jogo são utilizados três recursos para a produção de sucos, que são apresentados a seguir:

- a) Infraestrutura Fabril ($qtdInfra_n$): refere-se ao tamanho da planta produtiva, principalmente em termos de equipamentos. As empresas iniciam com 10 unidades adquiridas ao valor de 100 mil reais. O jogador deve decidir quantas unidades serão utilizadas no mês, respeitando o mínimo de uma unidade. Ao aumentar o número de unidades de um mês para outro, novas unidades são adquiridas ao preço de R\$ 10 mil cada. Ao diminuir o número de unidades, cada unidade excedente é vendida ao preço de R\$ 5 mil. Cada unidade possui o potencial de produzir mil produtos por mês, se a eficiência dos equipamentos for mantida em níveis ótimos. Os gastos mensais (energia, água, telefone, etc.) associados à infraestrutura fabril custam R\$ 1.000 por unidade.
- b) Mão de obra ($qtdMdo_n$): refere-se ao número de colaboradores atuando na empresa no mês. O custo mensal por colaborador é de mil reais, e a empresa deve possuir pelo menos um colaborador. Se os colaboradores forem treinados e eficientes, um colaborador é capaz de produzir mil produtos por mês. Caso contrário, será necessário um número maior de colaboradores para produzir mil produtos.
- c) Matéria-Prima ($qtdMP_n$): refere-se ao número de lotes de matéria-prima adquiridos para o mês em questão, respeitando o mínimo de um lote por mês. Se o aproveitamento da matéria-prima for excelente, um lote de matéria-prima é suficiente para produzir mil produtos. Caso contrário, será necessário um volume

maior de matéria-prima. Como a matéria-prima é perecível, excessos não são repassados para o próximo mês. Cada lote de matéria-prima custa mil reais.

O segundo grupo de decisões dos jogadores refere-se aos investimentos realizados. Nesse grupo de decisões, os jogadores devem decidir qual o valor monetário investido em diferentes áreas. Estes investimentos têm impacto tanto na produção quanto na aceitação do produto no mercado, dependendo da natureza do investimento. No jogo existem sete áreas em que os jogadores devem decidir quanto investir, sendo que a unidade dos investimentos é em milhares de reais. São elas:

- a) Tecnologia ($invTec_n$): refere-se a investimentos na atualização dos equipamentos da empresa.
- b) Manutenção ($invMan_n$): refere-se a investimentos na manutenção dos equipamentos da empresa.
- c) Qualificação dos Recursos Humanos ($invRH_n$): refere-se a investimentos na capacitação de recursos humanos.
- d) Desenvolvimento de Fornecedores ($invDF_n$): refere-se a investimentos na qualificação dos fornecedores de matéria-prima.
- e) Controle da Qualidade ($invCQ_n$): refere-se a investimentos nos procedimentos de controle da qualidade dos produtos produzidos.
- f) Logística e Distribuição ($invLog_n$): refere-se a investimentos na rede de distribuição dos produtos da empresa.
- g) Marketing ($invMkt_n$): refere-se a investimentos na propaganda e divulgação do produto.

Por fim, o terceiro grupo de decisões diz respeito à abordagem mercadológica. Nesse grupo estão presentes duas variáveis importantes na interação com o mercado:

- a) Preço unitário ($preço_n$): valor de venda da unidade do produto (embalagem de 2 litros) em reais, sabendo que o preço médio praticado pelos concorrentes é R\$ 7,00. Esta variável permite aos jogadores ajustar o preço de seus produtos de acordo com sua estratégia frente à concorrência.
- b) Percentual do estoque em promoção ($percStkPromoção_n$): os produtos que não forem vendidos no preço estipulado podem ser vendidos a um preço promocional, correspondente à metade da mediana dos preços do mercado para o mês atual. Os jogadores devem decidir qual o percentual, com valores entre 0 e

100, dos produtos em estoque que será vendido ao preço promocional. Este percentual incide apenas sobre os produtos destinados ao estoque por não encontrarem compradores no preço normal.

4.2.2 Variáveis calculadas pelo simulador

Com base nas decisões dos jogadores, mês a mês, são calculadas as demais informações sobre o desempenho das empresas. Três grupos de informações são calculados para cada uma das empresas: indicadores operacionais e de mercado, resultados físicos e resultados financeiros. Assim como na seção anterior, após o nome de cada variável é apresentada sua notação entre parênteses, que é utilizada para representar a variável nas equações. Ainda, as equações desta seção mostram os cálculos realizados para cada empresa do mercado em seu n -ésimo mês.

No primeiro grupo de variáveis calculadas pelo simulador, sete indicadores informam o desempenho da empresa, refletindo o resultado das escolhas do jogador. Esses indicadores variam entre zero e um, onde zero significa péssimo e um significa excelente. A seguir são listados os sete indicadores e suas fórmulas de cálculo.

- a) Eficiência dos equipamentos ($EfEq_n$): refere-se ao estado de atualização, conservação e disponibilidade dos equipamentos em um dado mês. Como os equipamentos novos e antigos possuem eficiências distintas, o cálculo da eficiência dos equipamentos deve contemplar dois casos. No primeiro, quando a infraestrutura permanece constante ou é reduzida, não existem equipamentos novos e a eficiência dos equipamentos é obtida pela Equação (1). A eficiência dos equipamentos existentes depende em 70% da eficiência deles no mês anterior e em 30% da proporção entre os investimentos em tecnologia e manutenção e o tamanho da planta. A busca por 100% de disponibilidade requer investimentos cada vez maiores (MARCORIN; LIMA, 2003), assim, essa variável converge assintoticamente a 1,0 na medida em que os investimentos aumentam. Importante observar que tal fórmula sempre possuirá valores entre zero e um, preservando a consistência lógica do jogo. No segundo caso, quando a infraestrutura aumenta e ocorre a aquisição de equipamentos, o cálculo da eficiência segue a Equação (2).

$$EfEq_n = 0,7 * efEq_{n-1} + 0,3 * \left(1 - e^{-\left(\frac{invTec_n + invMan_n}{0,22 * qtdInfra_n}\right)^2}\right), \text{ se } qtdInfra_n \leq qtdInfra_{n-1} \quad (1)$$

$$E_fEq_n = \frac{1 * (qtdInfra_n - qtdInfra_{n-1})}{qtdInfra_n} + \frac{(0,7 * efEq_{n-1} + 0,3 * (1 - e^{-\left(\frac{invTec_n + invMan_n}{0,22 * qtdInfra_n}\right)^2})) * qtdInfra_{n-1}}{qtdInfra_n},$$

(2)

se $qtdInfra_n > qtdInfra_{n-1}$

Nesse caso, pondera-se a eficiência dos equipamentos novos e antigos pelo número de equipamentos de cada tipo, utilizando uma eficiência igual a 1,0 para os equipamentos novos e a fórmula da Equação (1) para os equipamentos antigos. A eficiência de 1,0 também é utilizada para definir o valor inicial da eficiência dos equipamentos, pois no primeiro mês todos os equipamentos são novos. A Figura 15 ilustra o comportamento projetado para a eficiência dos equipamentos ao longo do tempo, considerando quatro empresas distintas com infraestrutura e investimentos constantes ao longo do tempo. A Empresa 1 representa uma infraestrutura pequena com alto investimento, de modo que a eficiência de seus equipamentos é elevada. O aumento da infraestrutura exige maior investimento para manter determinado nível de eficiência, caso contrário haverá redução no indicador, como pode ser visto na comparação entre as empresas 1 e 2. De modo semelhante, a redução nos investimentos impacta negativamente no indicador em

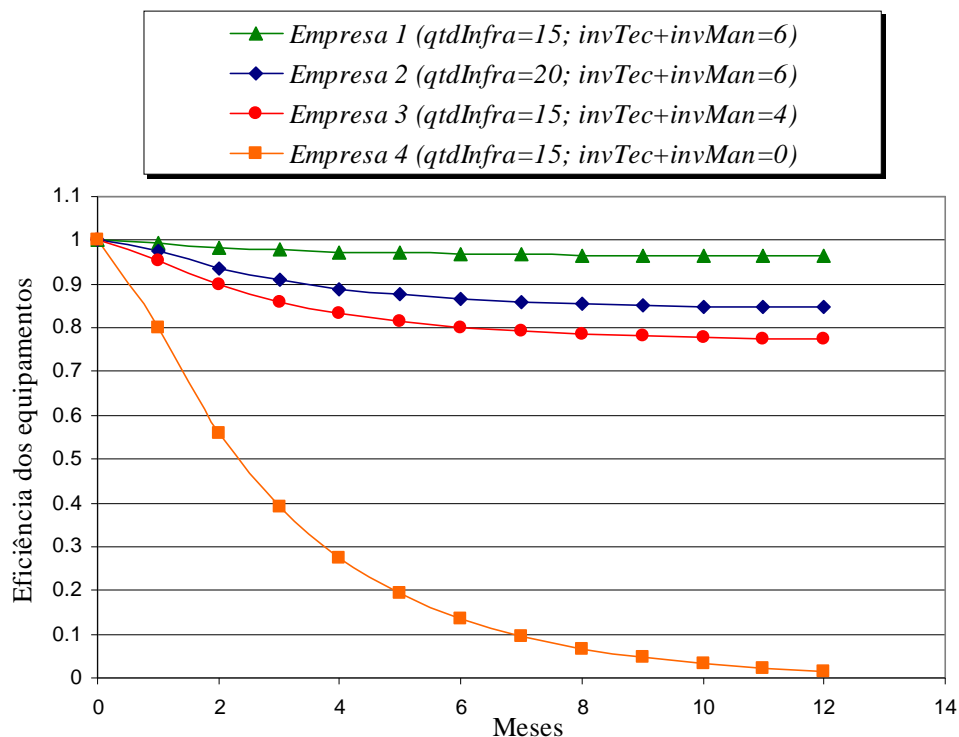


Figura 15: Eficiência dos equipamentos para diferentes níveis de investimento e infraestrutura
Fonte: elaborado pelo autor

questão, como pode ser visto na comparação entre as empresas 1 e 3. Caso não haja investimento em tecnologia ou manutenção, a eficiência dos equipamentos tende assintoticamente a zero, indicando a parada permanente dos equipamentos, como pode ser visto na Empresa 4.

- b) Eficiência da mão de obra ($EfMdo_n$): refere-se à capacitação e produtividade dos empregados no mês n . Como os colaboradores novos possuem uma eficiência distinta dos experientes, o cálculo deste indicador contempla dois casos. Primeiramente, quando o número de colaboradores se mantém constante ou diminui e, portanto, não existem novos colaboradores, a eficiência da mão de obra segue a Equação (3). Nessa equação, a eficiência da mão de obra é afetada pelos investimentos na qualificação dos recursos humanos, pela eficiência no mês anterior e pela quantidade de mão de obra. No segundo caso, quando ocorre o aumento da mão de obra, utiliza-se a Equação (4), onde pondera-se a eficiência da mão de obra dos colaboradores novos e dos experientes pelo número de colaboradores, utilizando uma eficiência igual a 0,5 para os colaboradores novos. Este valor de 0,5 indica uma eficiência intermediária dos colaboradores novos e também é utilizado para definir a eficiência inicial da mão de obra, pois no primeiro mês do jogo, todos os colaboradores são novos. A evolução da eficiência da mão de obra ao longo do tempo pode ser vista na Figura 16, considerando quatro empresas distintas com quantidade de mão de obra e investimentos constantes ao longo do tempo. A Empresa 1 representa um alto investimento por colaborador, de modo que a eficiência da mão de obra tende a 1,0. Caso o mesmo investimento seja aplicado em uma empresa com maior número de colaboradores, a eficiência da mão de obra será reduzida, como pode ser observado na comparação entre as empresas 1 e 2. De modo semelhante, a redução nos investimentos em recursos humanos também impacta negativamente neste indicador, representado pela diferença de eficiência entre as empresas 1 e 3.

$$EfMdo_n = efMdo_{n-1} \left(0,4; 0,95 - 0,5 * \frac{invRH_n}{qtdMdo_n} \right), \text{ se } qtdMdo_n \leq qtdMdo_{n-1} \quad (3)$$

$$EfMdo_n = \left(\frac{0,5 * (qtdMdo_n - qtdMdo_{n-1}) + efMdo_{n-1} * qtdMdo_{n-1}}{qtdMdo_n} \right) \left(0,4; 0,95 - 0,5 * \frac{invRH_n}{qtdMdo_n} \right), \quad (4)$$

se $qtdMdo_n > qtdMdo_{n-1}$

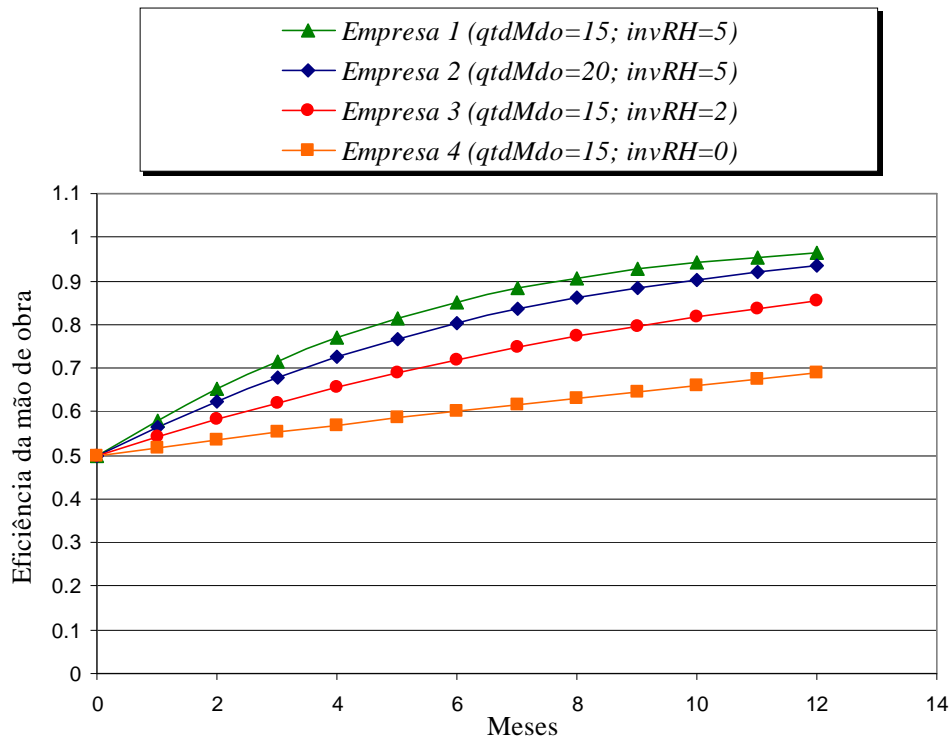


Figura 16: Eficiência da mão de obra para diferentes níveis de investimento e quantidade de colaboradores
Fonte: elaborado pelo autor

Também é possível observar a partir da Empresa 4 que mesmo sem investimentos haverá um aumento na eficiência, justificado pela aprendizagem natural na tarefa. Conforme os modelos de curvas de aprendizado, à medida em que um trabalhador realiza uma tarefa repetidamente, há uma redução no tempo de execução devido à familiaridade adquirida, adaptação às ferramentas e pela descoberta de “atalhos” na sua realização (ANZANELLO; FOGLIATTO, 2007).

- c) Aproveitamento da matéria-prima ($ApMP_n$): refere-se à eficiência na utilização da matéria-prima. Em uma empresa com elevados investimentos em tecnologia, manutenção, desenvolvimento de fornecedores, qualificação de recursos humanos e controle da qualidade, o aproveitamento será próximo a 100%, de modo que um lote de matéria-prima renderá aproximadamente 1000 produtos acabados. O cálculo do aproveitamento da matéria-prima é realizado com base na Equação (5). Este indicador depende em 70% do aproveitamento da matéria-prima no mês anterior. Estipulou-se um aproveitamento mínimo de 20% para a

$$ApMP_n = 0,7 * ApMP_{n-1} + 0,3 * \left(0,2 + 0,8 * \left(1 - e^{-\left(\frac{2*invTec_n + 2*invMan_n + invRH_n + 2*invDF_n + invCQ_n}{0,95*qtdMP_n} \right)^2} \right) \right) \quad (5)$$

matéria-prima, de modo que nas piores condições um lote de matéria-prima resultará em 200 produtos acabados. Assim, dos 30% restantes para determinar o aproveitamento no mês n , 20% são constantes. Os demais 80% dependem dos investimentos, principalmente de tecnologia, manutenção, desenvolvimento de fornecedores, mas também é influenciado pela qualificação de recursos humanos e pelo controle da qualidade. A Figura 17 ilustra a evolução deste indicador em quatro empresas com diferentes investimentos e quantidades de matéria-prima. A Empresa 1 representa um elevado investimento por unidade de matéria-prima, que eleva este indicador para próximo de 1,0. Comparando as empresas 1 e 2, observa-se que o mesmo investimento proporciona um menor aproveitamento quando a quantidade de matéria-prima processada aumenta. Semelhantemente, quando o investimento diminui, empresas 1 e 3, o aproveitamento também é reduzido. A Empresa 4 ilustra a ausência de investimentos, onde o aproveitamento converge para o limite de 20% estipulado, indicando que na pior das situações ainda é possível converter parte do material em produto acabado.

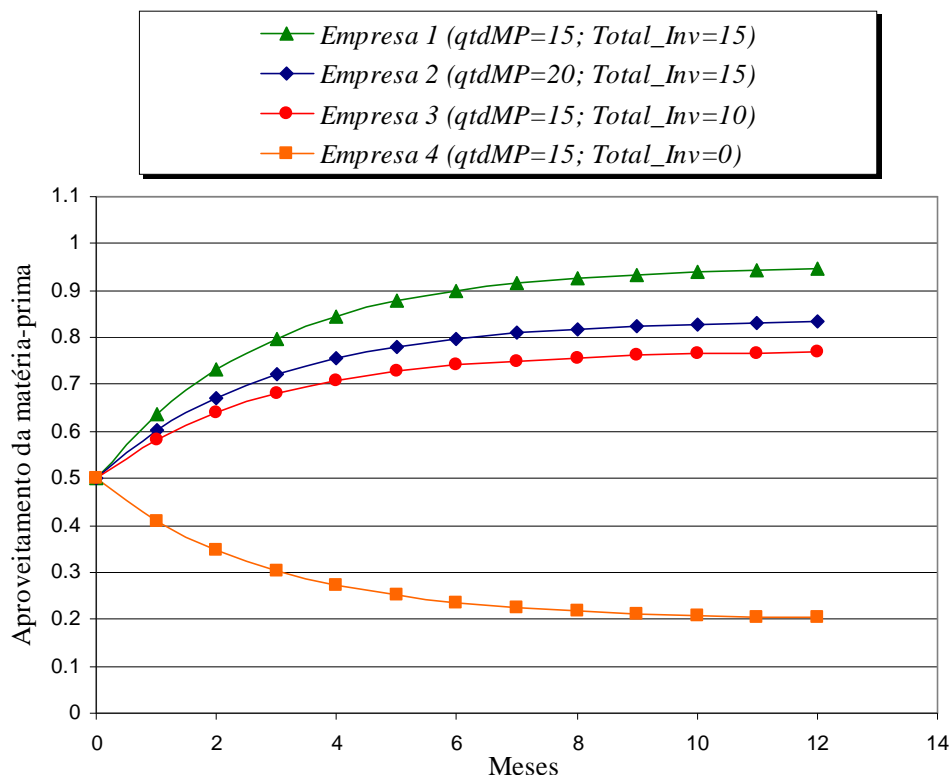


Figura 17: Aproveitamento da matéria-prima para diferentes quantidades e níveis de investimento
Fonte: elaborado pelo autor

d) Eficiência da rede de distribuição ($EfRD_n$): refere-se ao alcance e agilidade da rede de distribuição dos produtos. Para melhorar este indicador é necessário que

os investimentos em logística e distribuição sejam proporcionais à quantidade de materiais transportados. A equação que define a eficiência da rede de distribuição, Equação (6), tem as mesmas propriedades que a equação que define o aproveitamento de matéria-prima, porém depende apenas dos investimentos em logística e distribuição. Este indicador possui o valor de 0,5 no início do jogo, indicando uma eficiência intermediária na rede de distribuição.

$$EfRD_n = 0,7 * EfRD_{n-1} + 0,3 * \left(0,2 + 0,8 * \left(1 - e^{-\left(\frac{invLog_n}{0,12 * qtdMP_n} \right)^2} \right) \right) \quad (6)$$

- e) Qualidade Percebida ($QualPerc_n$): refere-se à qualidade do produto, conforme percebida pelos clientes. A qualidade dos produtos depende principalmente da qualificação dos recursos humanos e do controle da qualidade, mas também é influenciada pela tecnologia, manutenção e desenvolvimento de fornecedores. Estes investimentos devem ser proporcionais aos três recursos produtivos da empresa, pois o nível de qualidade depende de todos os recursos. A Equação (7) define o cálculo deste indicador, que segue a mesma estrutura da equação do aproveitamento da matéria-prima. Este indicador possui um valor inicial de 0,5.

$$QualPerc_n = 0,7 * QualPerc_{n-1} + 0,3 * \left(0,2 + 0,8 * \left(1 - e^{-\left(\frac{invTec_n + invMan_n + 2 * invRH_n + invDF_n + 2 * invCQ_n}{0,28 * (qtdInfra_n + qtdMdo_n + qtdMP_n)} \right)^2} \right) \right) \quad (7)$$

- f) Esforço de Marketing ($EsfMkt_n$): refere-se ao programa de marketing da empresa. Este indicador depende dos investimentos em marketing e também, em menor escala, de investimentos em logística e distribuição. Os investimentos em marketing devem ser proporcionais ao porte da empresa, representado pela soma de seus recursos produtivos. Como nos dois casos anteriores, a equação que define o cálculo do esforço de marketing, Equação (8), possui as mesmas propriedades discutidas para o aproveitamento da matéria-prima. No início do jogo, este indicador possui um valor inicial de 0,5.

$$EsfMkt_n = 0,7 * EsfMkt_{n-1} + 0,3 * \left(0,2 + 0,8 * \left(1 - e^{-\left(\frac{7 * invMkt_n + 3 * invLog_n}{0,4 * (qtdInfra_n + qtdMdo_n + qtdMP_n)} \right)^2} \right) \right) \quad (8)$$

- g) Imagem institucional ($ImagemInst_n$): refere-se à imagem da empresa no mercado. Depende principalmente da qualidade percebida e do esforço de marketing e, em menor escala, da eficiência da rede de distribuição. Este indicador é definido pela Equação (9).

$$ImagemInst_n = \sqrt[6]{QualPerc_n^3 * EsfMkt_n^2 * EfRD_n} \quad (9)$$

O segundo grupo de variáveis que é calculado pelo simulador diz respeito aos resultados físicos da produção, referente à quantidade de produtos produzidos, estocados e vendidos. Estes valores são calculados para lotes de mil unidades do produto. Algumas das equações a seguir fazem uso das funções *maior()* e *menor()*, que retornam, respectivamente, o maior ou menor valor contido na lista de argumentos da função. A seguir são apresentadas as oito variáveis deste grupo:

- a) Estoque Inicial ($StkInicial_n$): quantidade de produtos existentes no início do mês n , corresponde aos produtos que não foram vendidos no mês anterior e permaneceram em estoque para o mês atual. A Equação (10) define o cálculo desta variável (a variável $StkFinal$ será definida na alínea h da página 92).

$$StkInicial_n = StkFinal_{n-1} \quad (10)$$

- b) Produção (Prd_n): quantidade de produtos produzidos no mês, limitado pela eficiência dos equipamentos, eficiência da mão de obra ou pelo aproveitamento da matéria-prima, conforme Equação (11). Esta equação identifica o recurso mais escasso do sistema produtivo e limita a produção de acordo com a capacidade produtiva deste recurso, lembrando que a produção é informada em lotes de mil unidades.

$$Prd_n = \text{menor}(qtdInfra_n * EfEq_n ; qtdMdo_n * EfMdo_n ; qtdMP_n * ApMP_n) \quad (11)$$

- c) Disponível para venda ($DispVenda_n$): representa o total de produtos disponíveis para a venda no mês n , conforme equação a seguir.

$$DispVenda_n = StkInicial_n + Prd_n \quad (12)$$

- d) Demanda ($Demanda_n$): representa o número de produtos demandados para uma dada empresa no mês n . O cálculo da demanda é realizado em duas etapas. Primeiramente, define-se a demanda total para o mercado no mês atual ($DemandaMercado_n$), conforme Equação (13). A demanda total do mercado varia em função do número de empresas ($nroEmp$), permitindo que o mercado se adapte a turmas com diferentes números de alunos. Idealmente, uma empresa experimentará ao longo dos meses a demanda apresentada na Figura 18, que representa a demanda natural para uma empresa ($demandaNatural_n$) em lotes de mil unidades. Espera-se uma demanda de cerca de 10 a 20 mil concentrados por mês para cada empresa neste mercado. Destaca-se o fato que esta demanda possui sazonalidade em função das estações do ano, sendo mais elevada no verão. Multiplicando o número de empresas no mercado pela demanda natural em um dado mês n tem-se a demanda total esperada para o mercado de sucos. Entretanto, se essa demanda não depender dos preços praticados no mercado, então as empresas teriam mercado garantido mesmo com preços elevados, ignorando o poder de compra dos clientes (se as empresas de sucos do mercado aumentarem seus preços, uma parcela da população tende a deixar de consumir

$$DemandaMercado_n = nroEmp * demandaNatural_n * \frac{15}{preçoMin_n + preçoMediana_n + 1} \quad (13)$$

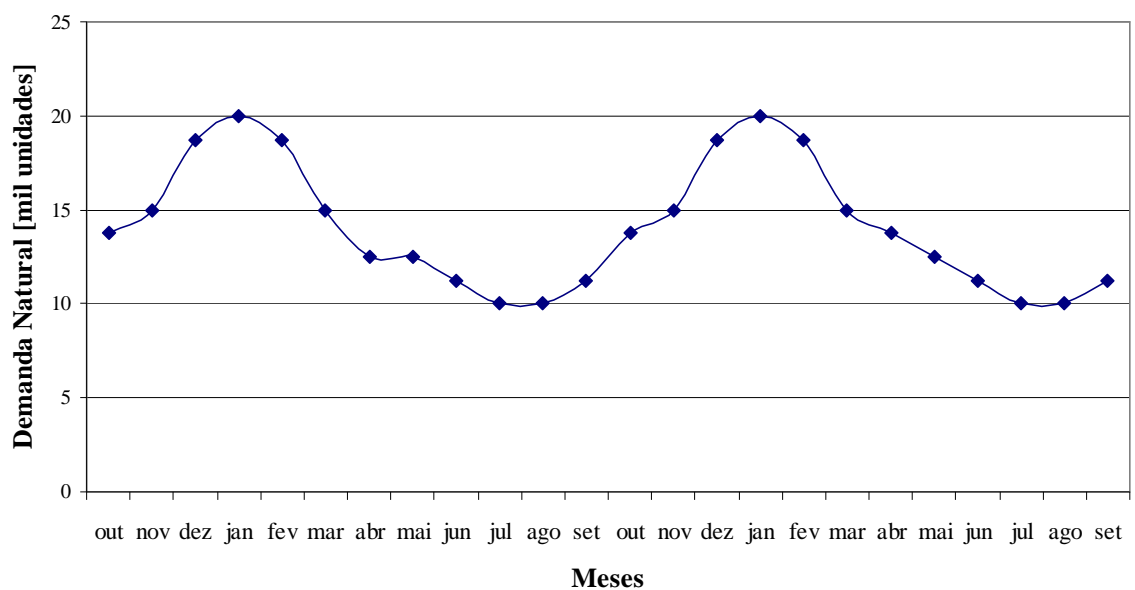


Figura 18: Demanda natural esperada para uma empresa ao longo do jogo
Fonte: elaborado pelo autor

este produto). Desse modo, incluiu-se um fator de correção para a demanda do mercado que visa manter a coerência com o poder de compra dos clientes. Assim, se as empresas elevarem seus preços, resultando num aumento da mediana dos preços em um dado mês ($preçoMediana_n$) a demanda total do mercado de sucos deve diminuir, e se elas reduzirem seus preços, a demanda deve aumentar. De forma semelhante, o mercado também deve ser sensível a empresas que competem com estratégias de baixo custo, assim, o menor preço do mercado ($preçoMin_n$) também afeta a demanda total. Se o produto mais barato do mercado reduzir seu preço, para a mesma mediana, essa redução permite que uma parcela maior da população tenha acesso ao mercado de sucos, aumentando o número de clientes potenciais. A segunda etapa do cálculo da demanda consiste em dividir a demanda do mercado entre as empresas de acordo com o seu potencial de atrair clientes ($potencialMercado_{k,n}$). O cálculo da demanda para a empresa k no mês n é realizado conforme Equação (14), na qual sua parcela do mercado é definida pela divisão do seu potencial de atrair clientes pelo somatório do potencial de todas as empresas do mercado. Por sua vez, a variável $potencialMercado_{k,n}$ depende da qualidade percebida, esforço de marketing e preço praticados pela empresa. O cálculo desta variável garante que, mesmo sem investimentos em marketing, uma parcela de clientes acesse seu produto, de acordo com sua qualidade e preço. Com investimentos em marketing, a empresa pode ampliar o número de clientes, mas ainda dependendo de sua qualidade e preço. Nessa equação, o crescimento da qualidade percebida implica no aumento do potencial de atrair clientes e o aumento do preço numa redução, conforme ilustrado na Figura 19.

$$Demanda_{k,n} = \frac{potencialMercado_{k,n}}{\sum_{i=1}^{nroEmp} potencialMercado_{i,n}} * DemandaMercado_n \quad (14)$$

$$onde : potencialMercado_{k,n} = \frac{QualPerc_{k,n} * (0,25 + EsfMkt_{k,n})}{preço_{k,n}^3}$$

- e) Vendas ($Vendas_n$): refere-se aos produtos que são vendidos pelo preço unitário fixado pelo jogador. Corresponde ao menor valor entre a quantidade de produtos disponíveis para venda e a demanda, conforme equação a seguir.

$$Vendas_n = menor(DispVenda_n ; Demanda_n) \quad (15)$$

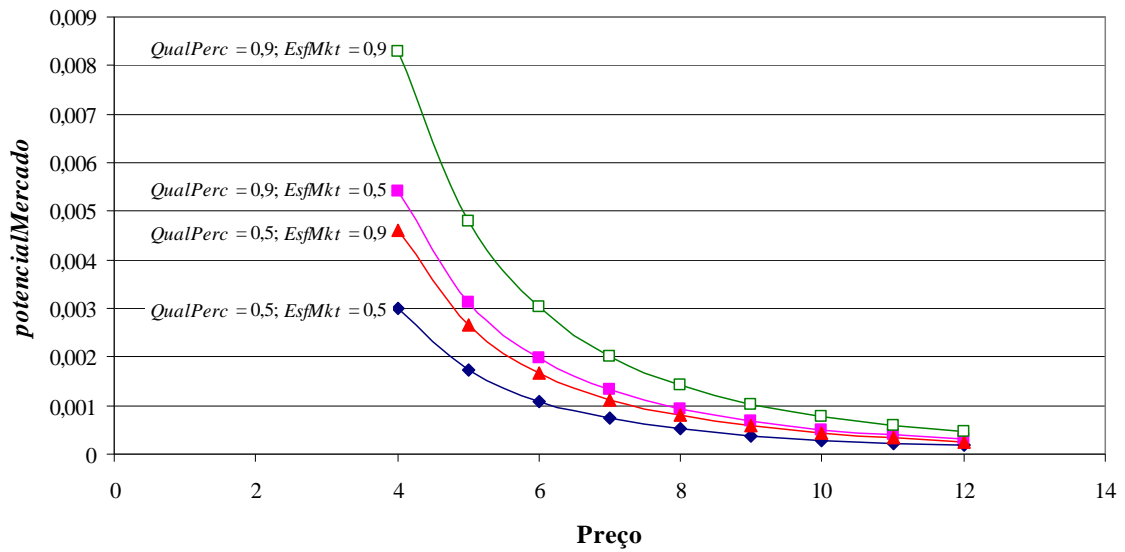


Figura 19: Efeito da variação da qualidade percebida, esforço de marketing e preço na variável *potencialMercado*

Fonte: elaborado pelo autor

- f) *Sobra* ($Sobra_n$): quantidade que não é vendida ao preço estabelecido pela empresa. A sobra só ocorre quando o disponível para a venda supera a demanda. A Equação (16) define o cálculo da sobra.

$$\begin{aligned} Sobra_n &= DispVenda_n - Demanda_n, \text{ se } DispVenda_n > Demanda_n \\ Sobra_n &= 0, \text{ se } DispVenda_n \leq Demanda_n \end{aligned} \quad (16)$$

- g) *Vendas Promocionais* ($VendasPromoc_n$): indica a quantidade de produtos que foi vendida pelo preço promocional. Quando ocorre a sobra definida no item anterior, a empresa tem a possibilidade de vender esta sobra a um preço promocional. Essas vendas são reguladas pela variável percentual do estoque em promoção (ver página 82), dentro da definição da abordagem mercadológica da empresa. O mercado para produtos em promoção sempre possui demanda, mas paga um preço inferior. A Equação (17) define o cálculo da quantidade de produtos vendidos em promoção.

$$VendasPromoc_n = Sobra_n * percStkPromoção_n / 100 \quad (17)$$

- h) *Estoque Final* ($StkFinal_n$): quantidade de produtos que não são vendidos no mês corrente e são armazenados para o mês seguinte. A Equação (18) define a quantidade de produtos nessa condição.

$$StkFinal_n = Sobra_n - VendasPromoc_n \quad (18)$$

O terceiro grupo de variáveis calculadas fornece informações a respeito do desempenho financeiro da empresa. Os valores obtidos nos cálculos dos resultados financeiros são apresentados aos jogadores em múltiplos de mil reais.

- a) Venda de infraestrutura ($VendaInfra_n$): receita obtida através da venda de infraestrutura, no caso, venda de unidades fabris, ao preço de R\$ 5 mil por unidade vendida, conforme equação a seguir.

$$VendaInfra_n = \text{maior}(0 ; 5 * (qtdInfra_{n-1} - qtdInfra_n)) \quad (19)$$

- b) Faturamento ($Faturamento_n$): corresponde à receita obtida com a venda dos produtos, lembrando que parte das vendas pode vir por meio de promoções. A venda promocional implica em um preço 50% inferior à mediana dos preços praticados no mercado no mês n ($preçoMediana_n$). O faturamento é calculado a partir da Equação (20).

$$Faturamento_n = preço_n * Vendas_n + 0,5 * preçoMediana_n * VendasPromoc_n \quad (20)$$

- c) Total das receitas ($TotalReceitas_n$): soma das receitas obtidas através da venda de infraestrutura e faturamento, conforme equação a seguir.

$$TotalReceitas_n = VendaInfra_n + Faturamento_n \quad (21)$$

- d) Aquisição de infraestrutura ($AquisiçãoInfra_n$): despesas associadas à compra de infraestrutura fabril, ao custo de R\$ 10 mil por unidade adquirida. O cálculo desta variável é realizado através da equação:

$$AquisiçãoInfra_n = \text{maior}(0 ; 10 * (qtdInfra_n - qtdInfra_{n-1})) \quad (22)$$

- e) Energia, água, telefone, etc. ($EnAgTel_n$): representa as despesas gerais associadas à infraestrutura. Estas despesas são proporcionais ao tamanho da empresa, com um custo mensal de mil reais por unidade fabril. A Equação (23) apresenta o cálculo desta variável.

$$EnAgTel_n = 1 * qtdInfra_n \quad (23)$$

- f) Mão de obra ($CustoMdo_n$): representa as despesas com os salários dos colaboradores, ao custo de mil reais por colaborador por mês. Quando um colaborador é dispensado, através da redução do número de colaboradores, a

empresa não reduz imediatamente o custo de mão de obra devido às despesas de demissão, que equivalem ao custo do colaborador por um mês. O cálculo das despesas com a mão de obra é definido pela Equação (24).

$$CustoMdo_n = 1 * maior(qtdMdo_n ; qtdMdo_{n-1}) \quad (24)$$

- g) Matéria-prima ($CustoMP_n$): custo associado à compra de matéria-prima. A Equação (25) apresenta o cálculo deste custo, lembrando que cada lote de matéria-prima custa mil reais.

$$CustoMP_n = 1 * qtdMP_n \quad (25)$$

- h) Investimentos ($CustoInv_n$): total das despesas com os investimentos feitos em tecnologia, manutenção, qualificação de recursos humanos, desenvolvimento de fornecedores, controle da qualidade, logística e distribuição e marketing, conforme Equação (26).

$$CustoInv_n = invTec_n + invMan_n + invRH_n + invDF_n + invCQ_n + invLog_n + invMkt_n \quad (26)$$

- i) Armazenagem ($Armazenagem_n$): custos de guarda dos estoques de um mês para o outro. O armazenamento destes produtos tem um custo igual a R\$ 2,00 por unidade estocada. O cálculo do custo de armazenagem é realizado segundo a Equação (27).

$$Armazenagem_n = 2 * StkFinal_n \quad (27)$$

- j) Total das despesas ($TotalDespesas_n$): soma das despesas citadas do item d até o item i desta lista. A Equação (28) apresenta o cálculo do total das despesas.

$$TotalDespesas_n = AquisiçãoInfra_n + EnAgTel_n + CustoMdo_n + CustoMP_n + \quad (28) \\ + CustoInv_n + Armazenagem_n$$

- k) Lucro/prejuízo Mensal ($LucroMensal_n$): refere-se ao capital financeiro obtido no mês, conforme Equação (29), onde um resultado positivo indica que as receitas superaram as despesas e, portanto, houve lucro. Um resultado negativo indica que as despesas superaram as receitas e, portanto, houve prejuízo neste mês.

$$LucroMensal_n = TotalReceitas_n - TotalDespesas_n \quad (29)$$

- l) Lucro/prejuízo Acumulado ($LucroAcumulado_n$): refere-se ao capital financeiro acumulado ao longo do tempo, considerando-se o pagamento dos juros (conforme apresentado no próximo item desta lista). Esta variável representa o caixa da empresa, que inicia com um saldo positivo de cem mil reais para permitir os primeiros investimentos nos diferentes setores. Esta variável é calculada conforme Equação (30), onde o lucro/prejuízo acumulado em um dado mês é o lucro/prejuízo acumulado até o mês anterior, acrescido dos juros recebidos/pagos pela aplicação do capital em caixa no período entre o mês anterior e o atual, somado ao lucro/prejuízo mensal do período.

$$LucroAcumulado_n = LucroAcumulado_{n-1} + Juros_{n-1} + LucroMensual_n \quad (30)$$

- m) Rendimento/juros financeiros ($Juros_n$): representa os juros bancários recebidos/pagos pela aplicação do capital em caixa da empresa durante um mês, conforme Equação (31). Totais acumulados positivos são remunerados à taxa de 1% ao mês e totais acumulados negativos pagam juros de 3% ao mês.

$$\begin{aligned} Juros_n &= 0,01 * LucroAcumulado_n, \text{ se } LucroAcumulado_n > 0 \\ Juros_n &= 0,03 * LucroAcumulado_n, \text{ se } LucroAcumulado_n \leq 0 \end{aligned} \quad (31)$$

- n) Balanço final ($BalançoFinal_n$): representa o capital agregado à empresa até o mês n . Esta variável sintetiza o desempenho do jogador como gestor, pois desconta o capital investido para início das atividades. A Equação (32) apresenta o cálculo do balanço final, obtido como a diferença entre o patrimônio atual (capital disponível mais o valor da infraestrutura atual) e o capital para início das atividades (dez unidades de infraestrutura e 100 mil reais disponíveis em caixa).

$$BalançoFinal_n = (LucroAcumulado_n + 5 * qtdInfra_n) - (10*10 + 100) \quad (32)$$

5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados referentes à avaliação das contribuições do jogo proposto para o ensino, segunda etapa do método apresentado no Capítulo 3. Inicialmente são apresentados os resultados obtidos a partir do questionário aplicado, seção 5.1. Em seguida, na seção 5.2, apresentam-se os resultados obtidos a partir dos dados armazenados pelo jogo.

5.1 Resultados obtidos a partir dos dados contidos no questionário

Os dados coletados para avaliação das contribuições do jogo proposto envolveram 219 alunos ingressantes no curso de Engenharia de Produção, sendo 39% do sexo feminino e 61% masculino. A idade dos participantes variou entre 16 e 43 anos, conforme Figura 20, com 80% dos respondentes com idade entre 16 e 20 anos. Todos os alunos informaram possuir computador em casa, com exceção de dois respondentes que deixaram essa questão em branco.

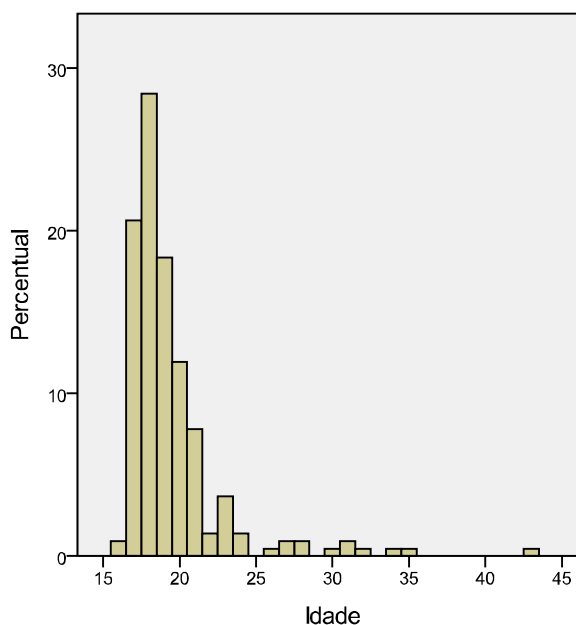


Figura 20: Histograma percentual da idade dos participantes
Fonte: elaborado pelo autor

5.1.1 Evidências de aprendizagem

O primeiro aspecto analisado é a percepção dos alunos sobre a efetividade da aprendizagem proporcionada pela atividade proposta. Como resultado observou-se que na

percepção dos alunos houve aprendizagem com a atividade proposta, conforme Figura 21, onde 40% indicaram ter aprendido muito com a atividade.

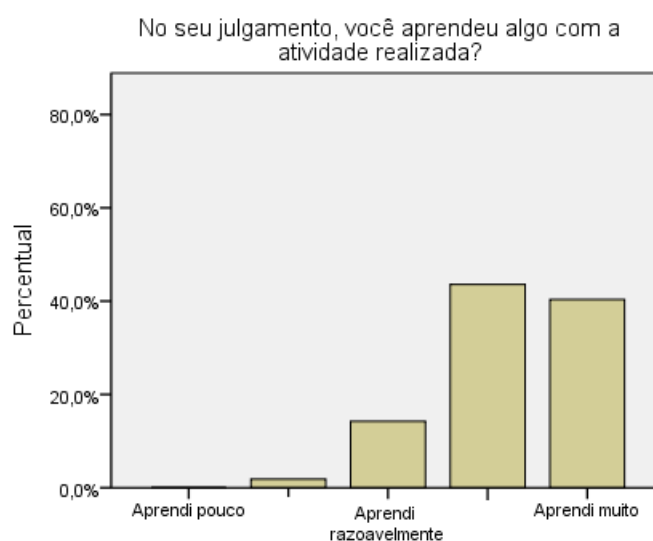


Figura 21: Percepção dos alunos sobre a aprendizagem decorrente da atividade
Fonte: elaborado pelo autor

O segundo aspecto analisado é a percepção dos alunos sobre a utilidade para a aprendizagem dos jogos educacionais em geral. As respostas obtidas para as afirmações da Tabela 1 apresentaram Alfa de Cronbach de 0,72, indicando que as três afirmações possuem consistência interna suficiente para serem utilizadas de forma agregada. Conforme Tabela 1, o grau de concordância dos respondentes com tais afirmações apresentou uma média de 4,52, numa escala de 1 a 5, na qual 1 significa discordo plenamente e 5 significa concordo plenamente. Essa média indica um alto grau de concordância com as afirmações, sugerindo que, em geral, os alunos percebem a utilidade dos jogos educacionais para a aprendizagem.

Tabela 1: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a utilidade dos jogos educacionais para a aprendizagem

Afirmações	Média (Desvio Padrão)
Eu acredito que os jogos educacionais me ajudam a aprender	4,61 (0,601)
Jogos educacionais facilitam o aprendizado de situações complexas, permitindo a vivência de situações parecidas com a realidade	4,47 (0,688)
Eu posso melhorar o desempenho do meu aprendizado através do uso de jogos educacionais	4,50 (0,647)
Média do constructo	4,52 (0,516)

Fonte: elaborado pelo autor

O último aspecto analisado sobre a efetividade da aprendizagem envolveu uma turma com 32 alunos, que responderam o questionário com questões verdadeiro ou falso antes e após a atividade com o jogo. A média de acertos por aluno no teste anterior ao jogo foi de 78% com desvio padrão de 11,5% acertos por aluno. Já na avaliação após a realização da

atividade foi obtida uma média de 86% de acertos por aluno com um desvio padrão de 11,1% de acertos por aluno. A análise da diferença entre as médias indicou que a diferença encontrada é significativa a um nível de significância de 0,01. Dessa forma, há evidências que a atividade realizada efetivamente promoveu melhora do desempenho no teste. Vale observar que, considerando que em testes de verdadeiro e falso um aluno sem nenhum conhecimento alcançaria, aleatoriamente, 50% de acertos. Assim, o acréscimo na nota inicial pode ser calculado como: $[(0,86-0,50) / (0,78-0,50)] - 1 = 28,6\%$.

Os resultados apresentados corroboram a literatura que considera viável aprender através dos jogos educacionais (CONNOLLY et al., 2012; KEBRITCHI; HIRUMI, 2008), adicionando evidências empíricas à escassa literatura que utiliza jogos com alunos ingressantes na Engenharia de Produção (TREVIÑO-GUZMÁN; POMALES-GARCÍA, 2014). A primeira fonte de evidência é a auto-avaliação da aprendizagem realizada pelos alunos. Apesar de sua subjetividade, Cronan et al. (2012) consideram válido este tipo de avaliação. Em seu estudo, esses autores analisam o uso de medidas de aprendizagem baseadas na percepção individual, a partir dos resultados obtidos com 120 participantes que receberam treinamento para uso de um *software* de ERP – *Enterprise Resource Planning*. O treinamento utilizou uma versão adaptada desse programa, onde um módulo de simulação foi incorporado para gerar as demandas do mercado, automatizar algumas tarefas administrativas e simular a passagem do tempo. Dessa forma, os participantes, em grupos de três, eram responsáveis por operacionalizar as funções de planejamento, seqüenciamento e vendas, enquanto aprendiam conceitos e interagem com a *interface* do mesmo. O objetivo dos grupos era obter o melhor desempenho financeiro, a ser comparado com os demais grupos. Em conclusão, os autores observaram que as respostas obtidas nas questões subjetivas, que mediam a percepção dos indivíduos sobre sua aprendizagem, apresentaram correlações significativas com as medidas objetivas do conhecimento, obtidas através de um questionário com questões de múltipla escolha sobre os conhecimentos adquiridos sobre ERP, sugerindo certa equivalência entre tais formas de avaliação. Ainda, na presente pesquisa, a avaliação subjetiva permite que o aluno expresse sua percepção sobre a aprendizagem de forma ampla, podendo refletir aspectos que não estão presentes no questionário de verdadeiro ou falso.

Uma vez que, de modo geral, os alunos consideram ter aprendido com a atividade proposta, é esperado que sua percepção sobre a utilidade dos jogos educacionais também seja elevada. Tal expectativa foi confirmada a partir dos resultados da Tabela 1. A elevada percepção de utilidade dos jogos educacionais entre estudantes universitários também foi observada em Ibrahim et al. (2011). Em conjunto, tais resultados revelam que os jogos não

são vistos apenas como entretenimento pelos alunos, deixando margem aos professores para trabalhar tais atividades de modo sério. Ainda, a relação entre percepção de utilidade e aceitação dos jogos educacionais pelos alunos será discutida na seção 5.1.3.

Uma das formas usuais de avaliar a contribuição dos jogos para o ensino é através da comparação de desempenho antes e após a aplicação dos jogos (CHEN; HUANG, 2013; MILLER et al., 2011). Nesta pesquisa, os resultados das questões de verdadeiro ou falso confirmam a aprendizagem dos alunos. Entretanto, cabe destacar o razoável desempenho no teste anterior à atividade proposta. Tal desempenho revela que os tópicos abordados pelo questionário já são familiares aos alunos, de modo que o potencial de crescimento na nota do questionário torna-se reduzido frente à nota razoável no primeiro teste. Contudo, apesar desta condição, a atividade proposta conseguiu contribuir com a aprendizagem dos mesmos. Outro aspecto a ser destacado é o viés inerente à avaliação por meio de questionário. Essa forma de avaliação tende a capturar o conhecimento explícito; mais especificamente, nesta pesquisa, demanda apenas o reconhecimento dos conceitos desejados, deixando de lado outros aspectos presentes na sua aplicação em situações reais. Dessa forma, resumir os ganhos da aprendizagem com jogos à melhora de desempenho no questionário pode ser uma visão limitada das suas contribuições. Embora neste momento os resultados do questionário sejam utilizados como evidências da aprendizagem, conforme será discutido na seção 5.2.2, os dados contidos nos jogos podem complementar essa forma de avaliação, melhor caracterizando a capacidade dos alunos em aplicar tal conhecimento.

5.1.2 Evidências de motivação

O potencial do jogo proposto para motivar os alunos a conhecer melhor os conteúdos da Engenharia de Produção também foi avaliado pelos 219 participantes. Conforme a Figura 22, 67,6% dos alunos indicaram que a atividade motivou bastante e 29,2% que motivou um pouco, indicando que o jogo atingiu o objetivo de motivar os alunos a conhecer melhor os conteúdos da Engenharia de Produção.

Com relação à motivação intrínseca dos alunos para realizar a atividade proposta, ela foi avaliada em função da satisfação proporcionada aos alunos durante a atividade. Nesse aspecto, 71,1% dos alunos indicaram ter gostado muito da atividade, conforme Figura 23. Uma vez que um percentual elevado de participantes indicou ter gostado muito da atividade, pode-se entender que, durante a realização da mesma, os alunos possuíam uma elevada motivação para interagir com o jogo e com os colegas.

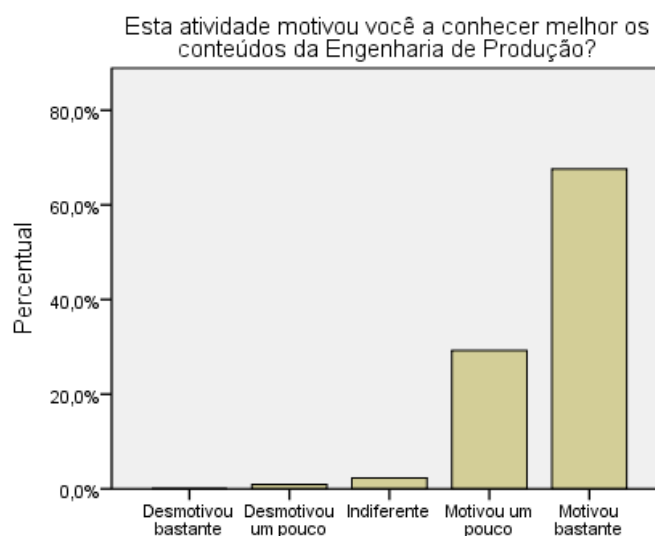


Figura 22: Percepção dos alunos sobre a motivação decorrente da atividade
Fonte: elaborado pelo autor



Figura 23: Percepção dos alunos sobre a satisfação proporcionada pela atividade
Fonte: elaborado pelo autor

A satisfação também foi avaliada de forma mais abrangente e genérica pela concordância dos alunos com as afirmações da Tabela 2. As respostas obtidas para essas afirmações apresentaram Alfa de Cronbach de 0,83, indicando a consistência interna das mesmas. Conforme Tabela 2, o grau de concordância dos respondentes com tais afirmações apresentou média 4,56, numa escala de 1 a 5, onde 1 significa discordo plenamente e 5 significa concordo plenamente. Essa média indica um alto grau de concordância com as afirmações, sugerindo que em geral o aluno percebe certa satisfação ao utilizar os jogos educacionais.

Tabela 2: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a satisfação proporcionada pelos jogos educacionais

Afirmações	Média (Desvio Padrão)
Eu acho agradável utilizar jogos educacionais.	4,64 (0,568)
O processo de utilizar jogos educacionais é prazeroso.	4,55 (0,651)
Eu me divirto utilizando jogos educacionais.	4,50 (0,674)
Média do constructo	4,56 (0,547)

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados observados são semelhantes a outros trabalhos na literatura (ORVIS; HORN; BELANICH, 2008; PAPASTERGIOU, 2009; VOGEL et al., 2006; YANG, 2012). A convergência entre os resultados desta seção sugere que o jogo proposto atendeu seu propósito de apresentar alguns aspectos da Engenharia de Produção sem desmotivar os alunos. Cabe enfatizar que esta pesquisa investigou de forma distinta dois aspectos da motivação que nem sempre são investigados simultaneamente na literatura. Ao questionar a motivação proporcionada pelo jogo para conhecer melhor o curso, captura-se o interesse criado pelos alunos sobre sua profissão. O aumento nesse aspecto da motivação revela que a imagem formada a partir do jogo instigou os alunos a conhecer melhor essa profissão, favorecendo uma postura interessada ao longo do curso (TREVIÑO-GUZMÁN; POMALES-GARCÍA, 2014). Por outro lado, a percepção de satisfação informa sobre a vontade em participar da atividade em si, que pode ou não estar relacionada ao interesse pela profissão (REEVE, 1989). Em especial, o uso de jogos tende a proporcionar o interesse pela atividade em si, mas pode deixar dúvidas se tal atividade foi capaz de mobilizar os alunos para a profissão. Neste estudo, observou-se que a atividade proposta foi capaz de atender ambos, entretanto, enfatiza-se que a relação entre esses aspectos não é direta, ressaltando a importância desta pesquisa avaliar esses dois resultados independentemente.

5.1.3 Receptividade dos alunos para o uso de jogos educacionais

Com relação à aceitação do uso de jogos educacionais por parte dos alunos, observou-se a presença de uma consistência interna suficiente nestas afirmações, com Alfa de Cronbach de 0,73. A concordância dos respondentes com a intenção de uso de jogos educacionais apresentou média 4,04, numa escala de 1 a 5, indicando concordância parcial com o uso de jogos educacionais. Isto sugere que a aceitação do uso dos jogos educacionais por parte dos alunos existe, mas não é plena.

Tabela 3: Grau de concordância dos respondentes com as afirmações sobre a aceitação dos jogos educacionais

Afirmações	Média (Desvio Padrão)
Uma vez que eu tenha acesso a um jogo educacional, eu irei utilizá-lo.	3,97 (0,869)
Eu irei recomendar fortemente o uso de jogos educacionais aos meus amigos.	4,14 (0,863)
Eu pretendo utilizar jogos educacionais sempre que possível.	4,01 (0,853)
Média do constructo	4,04 (0,687)

Fonte: elaborado pelo autor

Por fim, foi analisada a influência da percepção de utilidade e de satisfação na intenção de uso dos jogos educacionais. A regressão linear apresentou um R^2 igual a 0,46 (valor-p = 0,000). Conforme a Tabela 4, a variável associada à percepção de utilidade para a aprendizagem obteve um coeficiente beta inferior ao da variável associada à percepção de satisfação ($0,319 < 0,465$). Esse resultado sugere que a percepção de satisfação possui maior influencia sobre a intenção de uso dos jogos educacionais do que a percepção de utilidade para a aprendizagem. Entretanto, devido ao baixo valor obtido no R^2 não é possível afirmar que esse é o principal fator de influência, pois a maior parte da variabilidade não pôde ser explicada pelos fatores analisados.

Tabela 4: Coeficientes da regressão linear para a intenção de uso dos jogos educacionais

Modelo	Coefficientes		Coefficientes padronizados	Valor-p
	B	Std. Error	Beta	
Constante	-0,541	0,346	-	0,120
Percepção de utilidade	0,424	0,076	0,319	0,000
Percepção de satisfação	0,584	0,071	0,465	0,000

Fonte: elaborado pelo autor

Esse resultado reforça a percepção de que o aspecto motivacional é uma importante contribuição dos jogos, sendo preponderante, entre os fatores analisados, para que os alunos participem da atividade de ensino. Entretanto, o presente estudo também revela que os alunos reconhecem a utilidade dos jogos para o ensino, e que tal percepção influencia seu uso. Em um estudo utilizando equações estruturais, Ibrahim et al. (2011) observaram que a postura do aluno, a percepção de utilidade e a facilidade de uso, nessa ordem, influenciam a preferência pelo uso de jogos. Tal resultado é semelhante ao observado nesta pesquisa, sendo a percepção de utilidade um fator secundário aos aspectos motivacionais (percepção de satisfação e postura do aluno) na visão dos respondentes. Cabe destacar que Lee (2010) observou uma influência direta da percepção de satisfação sobre a postura dos alunos no uso de *e-learning*, reforçando a semelhança entre os resultados desta pesquisa e do estudo de Ibrahim et al. (2011).

5.2 Resultados obtidos a partir dos dados armazenados pelo jogo

A segunda fonte de informação para esta pesquisa foram os dados coletados pelo jogo durante a interação dos alunos, obtidos a partir de oito partidas envolvendo 63 grupos. Os grupos eram formados por três ou quatro alunos, com exceção de um grupo que foi formado por uma dupla. O jogo armazenou todas as decisões e variáveis calculadas para cada um dos grupos durante os 24 meses que constituem uma partida.

5.2.1 Análise do alinhamento entre os objetivos pedagógicos e os objetivos do jogo

A partir dos dados armazenados pelo jogo, foram calculados os valores das variáveis que representam o conhecimento dos grupos de acordo com os objetivos pedagógicos. O primeiro desses objetivos, associado à compreensão da necessidade de equilíbrio entre demanda e produção, foi avaliado com base em dois indicadores, apresentados nas Equações (33) e (34). Idealmente, uma empresa deseja que todos os produtos produzidos sejam vendidos e que todos os clientes sejam atendidos. Essa condição é capturada pela variável *AjusteDemanda*, que calcula a eficiência desse ajuste com valores entre zero e um, sendo um a condição ideal onde nenhuma diferença entre produção e demanda é encontrada. O segundo indicador visa qualificar essa avaliação, identificando situações onde a conservação do equilíbrio decorre de variações na infraestrutura fabril, que visam acompanhar a sazonalidade. Tal estratégia não é adequada, visto o alto custo de aquisição e o baixo valor de revenda da mesma. Assim, a Equação (34) mensura a eficiência no uso desse recurso, de modo que esse indicador possui valor 1,0 quando não há variação na infraestrutura em um dado período.

$$AjusteDemanda = 1 - \left(\frac{|producao - demanda|}{\max(producao, demanda)} \right) \quad (33)$$

$$AjusteInfraestrutura = 1 - \left(\frac{|qtdInfra_n - qtdInfra_{n-1}|}{\max(qtdInfra_n, qtdInfra_{n-1})} \right) \quad (34)$$

O segundo objetivo pedagógico do jogo, compreensão da necessidade de equilíbrio entre a capacidade dos diferentes recursos produtivos, foi avaliado com base na Equação (35). A variável *AjusteCapacidade* mede a eficiência na utilização dos recursos produtivos infraestrutura fabril, mão de obra e matéria-prima. A partir da diferença entre a capacidade de

$$AjusteCapacidade = 1 - \left(\frac{CapacidadeMaxima - CapacidadeMinima}{CapacidadeMaxima} \right) \quad (35)$$

onde, $CapacidadeMaxima = \max (qtdInfra*EfEq, qtdMdo*EfMdo, qtdMP*ApMP)$
 $CapacidadeMinima = \min (qtdInfra*EfEq, qtdMdo*EfMdo, qtdMP*ApMP)$

produção do recurso mais abundante e do mais escasso é avaliado o desequilíbrio entre recursos. Esse desperdício é relativizado em função do recurso mais abundante, garantindo valores entre zero e um.

O terceiro objetivo pedagógico do jogo, compreensão da função dos investimentos em uma empresa, foi avaliado com base na Equação (36). A variável *EficiênciaInvestimentos* utiliza a média dos indicadores de desempenho fornecidos aos grupos para avaliar a qualidade de seus investimentos. Tais indicadores compreendem tanto aspectos de produtividade quanto de competitividade no mercado, e se relacionam de forma direta com o nível de investimentos dos grupos. Assim, é possível avaliar a qualidade dos investimentos a partir da análise desses indicadores. Espera-se que os investimentos realizados elevem os indicadores de desempenho ao patamar próximo de 90%, de forma que valores abaixo desse patamar indicam falta de investimentos e acima dele indicam excesso de investimentos. Desse modo, conforme Equação (36), quando a média dos indicadores está abaixo de 0,9 a variável *EficiênciaInvestimentos* possui valores crescentes entre zero e um. Quando a média dos indicadores ultrapassa 0,9, a variável *EficiênciaInvestimentos* possui valores decrescentes entre 1 e 0,9 a medida em que a média dos indicadores aumenta.

$$EficiênciaInvestimentos = \begin{cases} \frac{MédiaIndicadores}{0,9} & , \text{ se } MédiaIndicadores \leq 0,9 \\ 1 - (MédiaIndicadores - 0,9) & , \text{ se } MédiaIndicadores > 0,9 \end{cases} \quad (36)$$

onde, $MédiaIndicadores = (EfEq_n + EfMdo_n + ApMP_n + EfRD_n + QualPerc_n + EsfMkt_n + ImagemInst_n)/7$

Para realizar a análise do alinhamento entre os objetivos pedagógicos e o objetivo do jogo (desempenho financeiro), cada grupo recebeu uma nota para cada uma dessas variáveis. Primeiramente, calculou-se o valor de cada variável em cada um dos 24 meses que constituem uma partida. Após esse cálculo, obteve-se a média ao longo de uma partida, considerando-se

os 24 meses. Ao analisar o desempenho ao longo da partida avalia-se o grupo de forma mais consistente, pois desvios pontuais, como excesso de investimentos em um determinado mês ou um desequilíbrio entre produção e demanda nos picos da sazonalidade, tornam-se menos representativos. A partir das quatro variáveis apresentadas, calculou-se uma média, conforme Equação (37), resultando em uma nota geral representativa dos objetivos pedagógicos para cada um dos 63 grupos.

$$\text{ObjetivoPedagógico} = (\text{AjusteDemanda} + \text{AjusteInfraestrutura} + \text{AjusteCapacidade} + \text{EficiênciaInvestimentos})/4 \quad (37)$$

Por outro lado, o objetivo do jogo, de obter o melhor desempenho financeiro frente à concorrência, foi representado pelo balanço final no vigésimo quarto mês, pois essa variável representa o desempenho cumulativo do grupo ao longo de toda a partida e é utilizada para comparar o desempenho entre os grupos. Espera-se que os grupos que tenham um melhor desempenho segundo os objetivos pedagógicos também tenham melhor desempenho em termos financeiros, demonstrando o alinhamento entre o objetivo do jogo e os objetivos pedagógicos.

Como resultado, obteve-se uma amostra de 63 pontos para avaliar a correlação entre os objetivos pedagógicos e o desempenho na perspectiva do objetivo do jogo. O alinhamento entre tais objetivos foi confirmado pela correlação entre as variáveis analisadas. Obteve-se um coeficiente de correlação de Pearson igual a 0,83 (valor-p = 0,000), indicando forte correlação entre as variáveis. Dessa forma, confirma-se que o desempenho no jogo está relacionado com o desempenho segundo os objetivos pedagógicos propostos para a atividade.

Esse resultado é outra evidência de que o presente jogo possui relevância educacional. O processo de avaliação do valor pedagógico de um jogo, em geral, é mensurado a partir da aplicação de questionário antes e após a atividade (CHEN; HUANG, 2013; MILLER et al., 2011). Entretanto, essa forma tradicional de mensuração do conhecimento encontra críticas na literatura, pois normalmente não permite capturar de forma plena a aprendizagem presente nos jogos, uma vez que falha em representar problemas amplos e em capturar conexões entre o conhecimento explícito e implícito (CLARK et al., 2012). Assim, a análise realizada nesta seção pode complementar tal forma de avaliação, em especial, nas situações que envolvem a resolução de problemas complexos onde os alunos têm dificuldade de explicitar seu conhecimento.

Outro aspecto interessante é o fato da análise realizada nesta seção expor que é possível capturar os objetivos pedagógicos a partir dos dados coletados durante a interação

dos alunos. Embora o desempenho no jogo tenha correspondência com a aprendizagem dos alunos, sua conversão para uma nota avaliativa nem sempre é imediata. No presente estudo, não é possível afirmar que o melhor grupo de uma turma, por exemplo, com balanço final de 300 mil reais, mereça a nota máxima, pois, em outra turma, esse desempenho seria intermediário, demonstrando falhas de compreensão do grupo. Por outro lado, o desempenho segundo os objetivos pedagógicos não depende de contexto, e permite apontar quais dimensões da aprendizagem estão faltando aos grupos. Na próxima seção, essa discussão será aprofundada, revelando o importante potencial de informação sobre a aprendizagem contido nos dados coletadas pelo jogo.

5.2.2 Identificação de dificuldades enfrentadas pelos alunos

O primeiro aspecto analisado diz respeito ao ajuste entre produção e demanda. Uma vez que a sazonalidade tende a provocar o desequilíbrio entre estes fatores, espera-se que os alunos atuem de forma a minimizar os aspectos negativos desse desequilíbrio. A partir da Figura 24, que contém o desempenho da variável *AjusteDemanda*, Equação (33), ao longo do tempo, percebe-se uma evolução no desempenho dos grupos ao longo dos oito primeiros

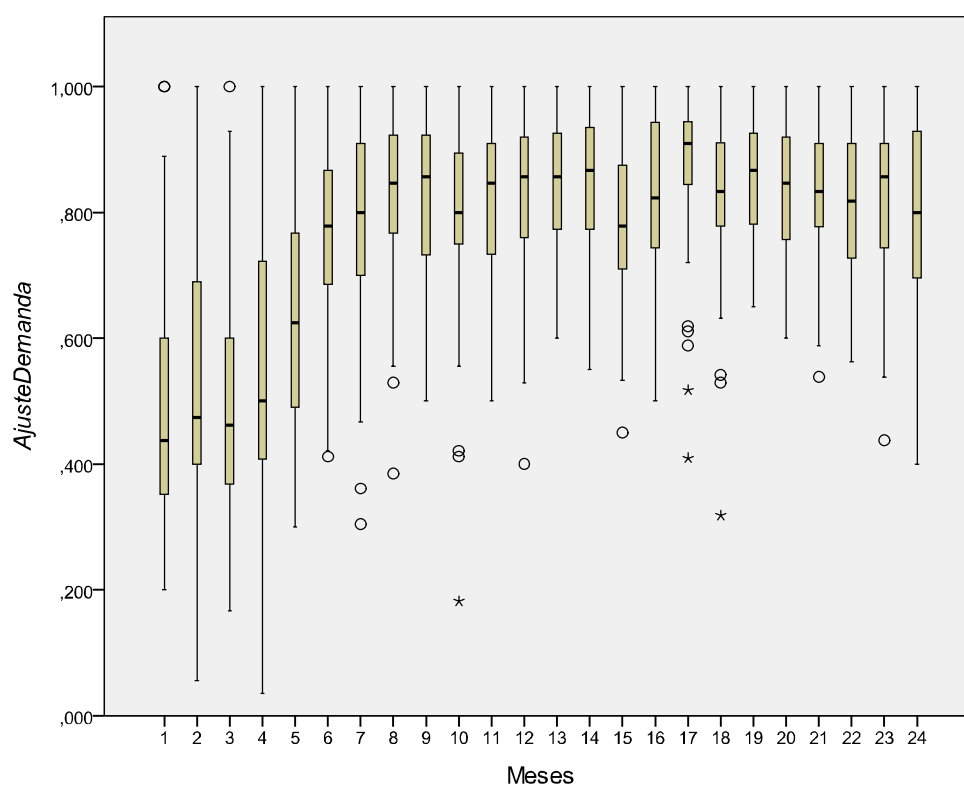


Figura 24: *Boxplot* da variável *AjusteDemanda* ao longo dos 24 meses

Fonte: elaborado pelo autor

meses. O patamar de desempenho dos grupos ficou em torno de 80%, indicando a presença de certa habilidade em gerenciar a relação entre produção e demanda por boa parte dos grupos.

Um dos meios utilizado para gerenciar essa relação é a variação no preço do produto, de modo que, nos picos de demanda, aumenta-se o preço para reduzir o número de clientes e, nos períodos de baixa demanda, reduz-se o preço para atrair mais clientes. Para avaliar as decisões dos alunos, foram identificados três cenários, que confrontam a ação esperada com a realizada pelos grupos. O primeiro cenário é caracterizado por uma previsão de demanda para o mês seguinte, baseada na sazonalidade, menor que a produção atual da empresa. Nesse caso, espera-se que os alunos diminuam os preços para o próximo mês, buscando aumentar a demanda. O segundo cenário caracteriza-se pelo equilíbrio entre a projeção de demanda para o mês seguinte e a produção atual, demandando dos alunos a manutenção dos preços. Considerou-se que havia equilíbrio entre o volume de produção e a demanda prevista quando a diferença entre os dois valores era menor ou igual a uma unidade. Por fim, o terceiro cenário é caracterizado por uma previsão de demanda acima do volume de produção atual. Como consequência, espera-se um aumento nos preços para obter o maior retorno possível para os poucos produtos disponíveis. Na Tabela 5, cada linha representa um dos três cenários descritos, e as colunas representam a ação tomada pelo grupo com relação ao preço. Foram analisadas as decisões dos 63 grupos em 23 meses, pois o primeiro mês não possui previsão, totalizando 1449 decisões. A partir da Tabela 5, observa-se que 54,4% (22,4% + 5,4% + 26,6%) das decisões estão de acordo com o esperado, indicando que os alunos efetivamente utilizaram essa estratégia como parte das ações contingenciais à sazonalidade. Também é possível constatar que 10,4% das decisões indicam equívocos críticos no processo de tomada de decisão com relação ao preço, onde os grupos aumentaram o preço quando já não havia previsão de vendas para todos os seus produtos (4,7%) ou reduziram o preço quando a demanda projetada para o preço atual já superava a capacidade produtiva atual (5,7%).

Tabela 5: Decisões referentes ao preço por cenário

Cenário	Preço		
	Redução	Manutenção	Aumento
1) Previsão de demanda menor que a produção	22,4%*	9,8%	4,7%
2) Previsão de demanda igual a produção	5,7%	5,4%*	5,5%
3) Previsão de demanda maior que a produção	5,7%	14,2%	26,6%*

* Decisão esperada

Fonte: elaborado pelo autor

O segundo aspecto analisado diz respeito à estabilidade da infraestrutura fabril. Como comentado anteriormente, espera-se que os alunos não utilizem a variação na

infraestrutura como forma de acompanhar as variações da demanda. Entretanto, isso não foi observado, conforme a Figura 25, que apresenta a quantidade de infraestrutura ao longo do tempo. O primeiro ano possui certa flutuação, porém, por ser um período de ajustes, sua análise é dificultada. Já no segundo ano, observa-se que houve um crescimento entre os meses 13 e 16, primavera e início do verão do segundo ano, seguido de uma redução no outono e inverno. Uma vez que nesse momento do jogo as empresas já estão estruturadas, tal variação caracteriza a tentativa dos alunos em acompanhar a demanda.

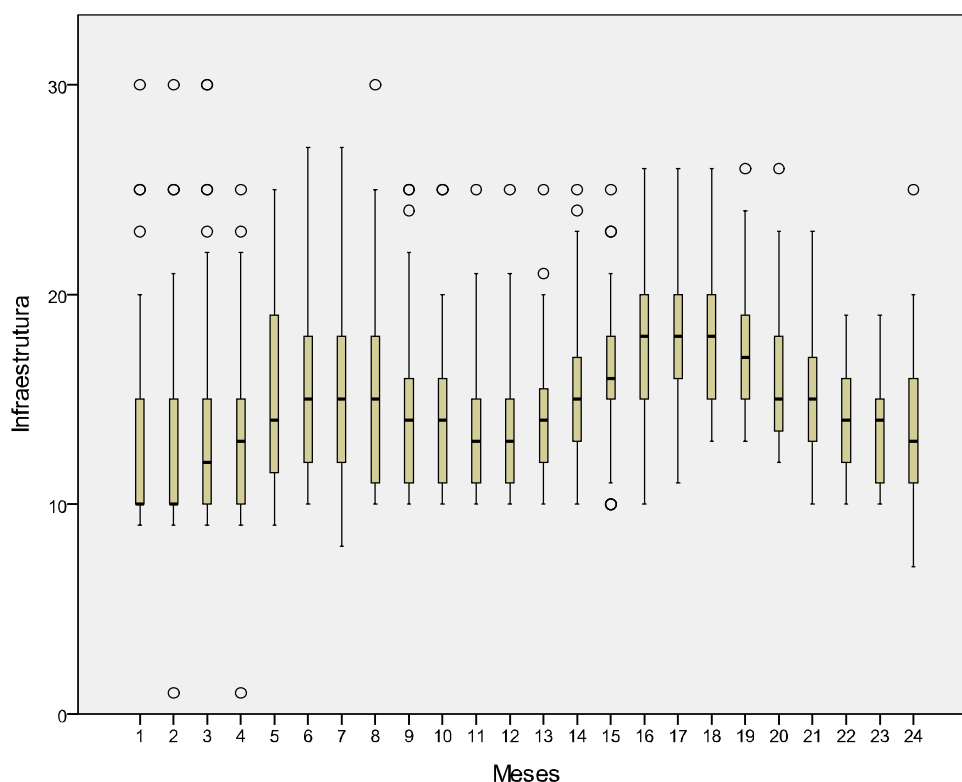


Figura 25: *Boxplot* da infraestrutura das empresas ao longo dos 24 meses
Fonte: elaborado pelo autor

Para quantificar essa condição, também foi mensurado o percentual de vezes em que os grupos reduziram, mantiveram ou aumentaram o tamanho da infraestrutura. Conforme Tabela 6, observa-se que 55,8% (21,5% + 11,5% + 22,9%) das decisões estão de acordo com o esperado. Ainda, 32,6% das decisões parecem usar a variação na infraestrutura para acompanhar a variação na demanda, sendo 19,0% das decisões para acompanhar o aumento e 13,6% para acompanhar as reduções da demanda. O crescimento da infraestrutura pode ser considerado normal, pois a infraestrutura inicial de 10 unidades fabris é insuficiente para atender a demanda média, que requer em torno de 15 unidades fabris. Por outro lado, a redução de infraestrutura implica em equívoco, pois nesse caso ou ocorreu falha no

Tabela 6: Decisões referentes à infraestrutura por cenário

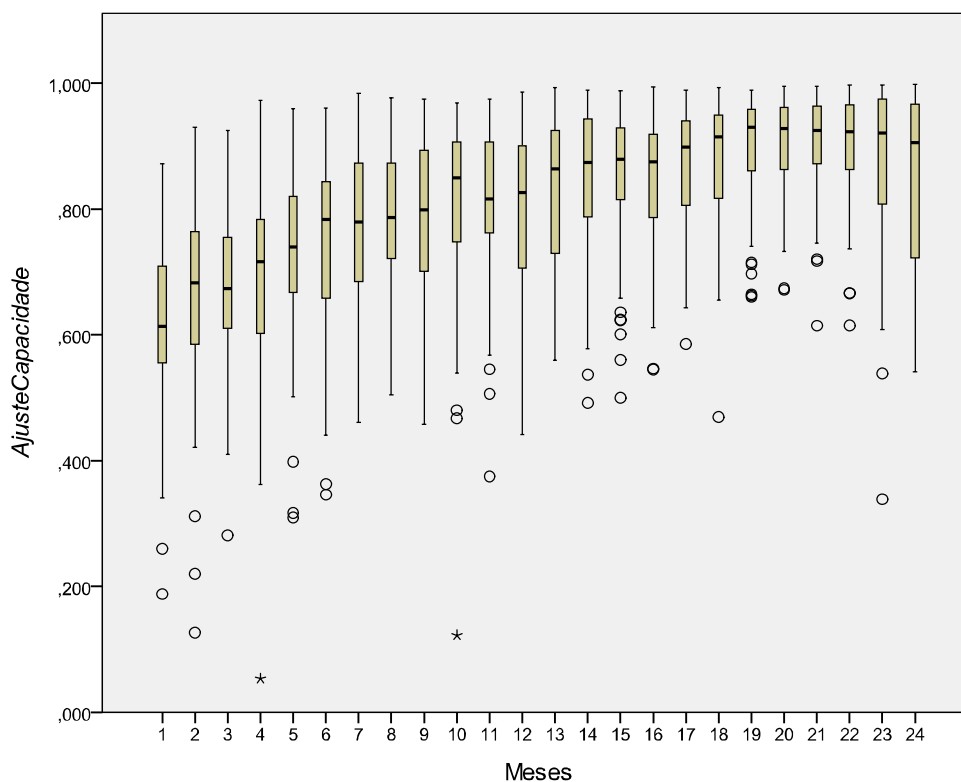
Cenário	Infraestrutura		
	Redução	Manutenção	Aumento
1) Previsão de demanda menor que a produção	13,6%	21,5%*	1,9%
2) Previsão de demanda igual a produção	2,3%	11,5%*	2,8%
3) Previsão de demanda maior que a produção	4,6%	22,9%*	19,0%

* Decisão esperada

Fonte: elaborado pelo autor

planejamento de longo prazo com a aquisição de excesso de infraestrutura ou se está tentando acompanhar a variação da demanda.

O terceiro aspecto analisado corresponde ao ajuste de capacidade entre os diferentes recursos necessários para a produção da empresa. Nesse caso, independente da demanda prevista, as decisões tomadas em um dado período devem manter o equilíbrio entre infraestrutura fabril, mão de obra e matéria-prima. A Figura 26 ilustra a evolução da variável *AjusteCapacidade*, Equação (35), ao longo do jogo. Como pode ser observado, os grupos melhoraram seu desempenho nesse critério ao longo da partida. Entretanto, observa-se um aumento na variabilidade nos últimos três meses, quando os grupos já deveriam ter dominado esse aspecto do jogo.

Figura 26: *Boxplot* da variável *AjusteCapacidade* ao longo dos 24 meses

Fonte: elaborado pelo autor

Para aprofundar a análise, foi avaliado se a diferença entre o recurso de maior e de menor capacidade era inferior ou igual a uma unidade, pois quando a diferença ultrapassa esse limite há potencial de redução do recurso mais abundante. Caso os grupos estejam controlando esse equilíbrio de forma consciente, espera-se que ações visando reduzir tal desperdício sejam observadas. Conforme Tabela 7, em 61,8% (16,5% + 45,3%) dos casos os grupos tomaram decisões adequadas nesse aspecto. Entretanto, em apenas 22,3% dos casos observou-se uma diferença entre capacidades menor que uma unidade. Nesse sentido, o alto percentual de redução do desequilíbrio não parece ter sido suficiente para conduzir à situação desejada. Acredita-se que os alunos poderiam ter tido um desempenho melhor nesse aspecto, pois tanto a quantidade de cada um dos recursos como suas eficiências estão sob controle e conhecimento dos grupos.

Tabela 7: Decisões referentes ao equilíbrio entre recursos

Equilíbrio entre recursos	Percentual
Há equilíbrio entre os recursos	22,3%
Manteve o equilíbrio	16,5% *
Perdeu o equilíbrio	5,8%
Não há equilíbrio entre os recursos	77,7%
Diminuiu a diferença entre os recursos	45,3% *
Manteve a diferença entre os recursos	1,1%
Aumentou a diferença entre os recursos	31,3%

* Decisão esperada

Fonte: elaborado pelo autor

O último aspecto analisado foi a capacidade dos alunos aumentarem a competitividade da empresa através dos investimentos. Conforme Figura 27, a evolução da variável *EficiênciaInvestimentos*, Equação (36), revela o progresso dos grupos na gestão dos indicadores. Espera-se que os alunos utilizem os investimentos para manter os indicadores entre 85% e 95% de eficiência tanto nos aspectos produtivos quanto mercadológicos. Quando os indicadores estiverem fora desta faixa, os alunos deveriam atuar sobre os investimentos para aumentar a eficiência quando essa estiver abaixo de 85%, ou diminuir a eficiência quando essa estiver acima de 95%. Na Tabela 8, são apresentados os percentuais dos casos em que os grupos reduziram, mantiveram ou aumentaram os indicadores. Quando os indicadores estavam abaixo do esperado, em 80,6% (25,3/31,4) das vezes houve aumento dos indicadores, evidenciando que os alunos utilizaram os investimentos adequadamente nessas situações. Quando os indicadores estão dentro da faixa desejada, observou-se uma tendência de aumento dos indicadores. Entretanto, para índices acima de 95%, não foi observada a redução nos

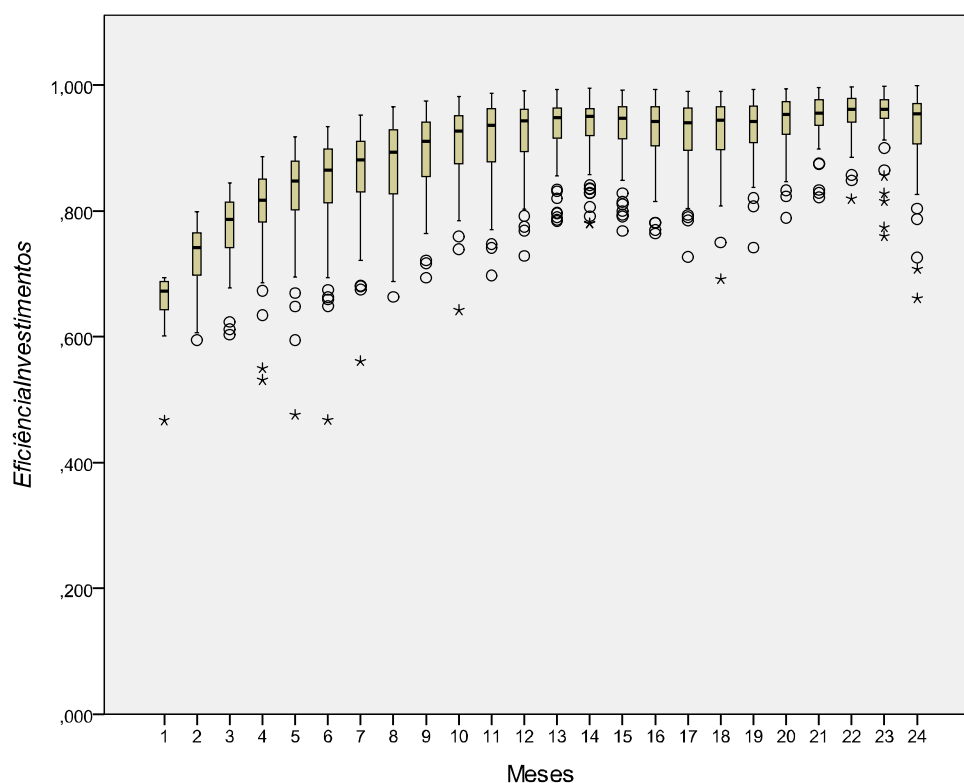


Figura 27: *Boxplot* da variável *EficiênciaInvestimentos* ao longo dos 24 meses

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 8: Decisões referentes aos investimentos

Média dos indicadores atuais	Média dos indicadores no mês seguinte			Total
	Redução	Manutenção	Aumento	
Abaixo de 85% de eficiência	3,8%	2,3%	25,3%*	31,4%
Entre 85% e 95% de eficiência	6,1%*	6,3%*	25,8%*	38,2%
Acima de 95% de eficiência	4,7%*	17,2%	8,6%	30,5%

* Decisão esperada

Fonte: elaborado pelo autor

investimentos como o esperado, correspondendo a apenas 15,4% (4,7/30,5) das ocorrências. Nos demais casos, os grupos mantiveram ou aumentaram ainda mais os indicadores, caracterizando excesso de investimentos. Percebe-se que alguns grupos não compreenderam que os indicadores convergem assintoticamente para 1,0, de modo que gastos com investimentos tendem a proporcionar um ganho marginal de eficiência reduzido quando a mesma já se encontra em patamares elevados.

Analisando os quatro aspectos apresentados nesta seção, percebe-se que houve progresso por parte dos grupos ao longo da partida. Contudo, o equilíbrio entre os recursos possui potencial de melhoria, pois, o percentual de casos que de fato conseguiram tal

equilíbrio foi reduzido, apenas 22,3% (Tabela 7). Analisando esse aspecto em conjunto com a variação da infraestrutura, acredita-se que a dificuldade dos alunos esteja em definir um volume de produção de referência para ser mantido constante ao longo do jogo, de modo que com maior estabilidade seja possível ajustar melhor as capacidades e assim melhor usufruir dos recursos. Para isso, os grupos não deveriam buscar acompanhar a demanda variando a quantidade de seus recursos, principalmente infraestrutura fabril. O procedimento esperado seria uma produção constante, próxima à média da sazonalidade. A amplitude de variação da sazonalidade seria influenciada a partir da variação do preço, já constatada, e, nos casos extremos, recorrendo-se ao uso de estoque ou promoções (que o jogo contempla). Dessa forma, garante-se a eficiência no uso dos recursos e minimizam-se os efeitos negativos da sazonalidade. Ante o exposto nesta seção, a compreensão dessa estratégia parece ser a principal dificuldade dos grupos em seu processo decisório, pois envolve a percepção das relações entre diversos conceitos. Consequentemente, nas explicações em sala de aula, sugere-se que o professor enfatize esse aspecto, complementando as recomendações já listadas no Capítulo 4.

Pelo exposto nesta seção, percebe-se que os dados contidos nos jogos podem auxiliar o professor e complementar as formas tradicionais de avaliação. A análise realizada visou compreender dificuldades gerais dos alunos com relação ao jogo proposto, entretanto, acredita-se que análises semelhantes possam ser realizadas para avaliar os grupos separadamente. Como consequência, os grupos poderão receber uma análise personalizada sobre seus pontos fortes e fracos. O fato dos jogos permitirem acompanhar a evolução dos alunos, ilustrado nas figuras anteriores, conduz naturalmente a uma avaliação com foco no progresso do aluno e não apenas sua classificação em aptos ou inaptos. Também, a atividade prática permitiu aos alunos expressarem seu conhecimento implícito, de um modo não verbal. Combinado com a interação com os colegas e o professor, estimulou-se a formalização dessas concepções implícitas, permitindo aos alunos reverem equívocos de compreensão e evoluírem no desafio proposto pelo jogo. Por fim, destaca-se que a motivação dos alunos em participar da atividade qualifica essa avaliação, pois os alunos estão interessados em apresentar o melhor desempenho possível. Portanto, considera-se que os jogos educacionais podem contribuir tanto para a aprendizagem quanto para a avaliação do conhecimento dos alunos.

6 CONCLUSÃO

A presente tese teve como objetivo geral avaliar o uso de jogos educacionais no contexto do primeiro ano do curso de graduação em Engenharia de Produção. Assim, o primeiro objetivo específico foi propor um jogo educacional para o ensino de conceitos básicos da Engenharia de Produção, ilustrando de forma consistente algumas das variáveis influentes no contexto do engenheiro de produção. Como resultado, estruturou-se um jogo que permite a participação de todos os alunos e retira o foco do professor (típico de aulas expositivas), dando ao mesmo liberdade para interagir de forma individualizada com os alunos. Os principais aspectos enfatizados pelo jogo são: equilíbrio entre demanda e produção, equilíbrio entre os recursos produtivos e necessidade de investimentos adequados em diferentes áreas de uma empresa. A estrutura proposta para o jogo foi validada a partir da demonstração que o sucesso em uma partida (alto desempenho financeiro da empresa) possui forte relação com o domínio dos aspectos citados.

O segundo objetivo específico, verificar a contribuição do jogo proposto para a aprendizagem e motivação dos alunos de primeiro ano, foi avaliado por meio de questionário aplicado junto com o jogo em três universidades. Os resultados revelaram evidências de que houve aprendizagem, tanto na percepção dos alunos quanto na comparação entre a avaliação antes e após a atividade proposta. Com relação à motivação, destacaram-se duas contribuições. Primeiramente, evidenciou-se que houve aumento do interesse para conhecer as áreas da Engenharia de Produção na percepção dos alunos. Além disso, observou-se elevada satisfação em participar da atividade, fator importante para capturar a atenção e promover uma aprendizagem ativa. Assim, conclui-se que o jogo proposto contribui positivamente para a aprendizagem e motivação dos alunos.

O terceiro objetivo específico, verificar a receptividade dos alunos de primeiro ano para o uso de jogos educacionais no contexto da Engenharia de Produção, também foi avaliado a partir de levantamento realizado junto aos alunos. Embora não seja plena, constatou-se que existe aceitação dos participantes para a aprendizagem com jogos educacionais. Ainda, foi observado que a satisfação é fator preponderante sobre a percepção de utilidade na aceitação do uso de jogos educacionais.

O quarto objetivo específico, verificar o potencial de uso dos dados contidos nos jogos educacionais para auxiliar o docente na identificação de dificuldades na aprendizagem dos alunos, foi analisado a partir da interação dos alunos com o jogo proposto. Os dados coletados foram utilizados para elaborar indicadores representativos dos objetivos

pedagógicos, permitindo avaliar o desempenho dos alunos sob diferentes aspectos. A principal dificuldade deles foi encontrar o equilíbrio de capacidade entre os diferentes recursos produtivos. Esse aspecto está associado à tentativa de acompanhar a demanda, que possui sazonalidade, com a variação na quantidade de recursos, quando deveriam planejar um volume de produção para longo prazo e lidar com a variabilidade da demanda através do preço e estoque. Já o uso dos investimentos foi compreendido adequadamente pelos alunos, apesar de em alguns casos eles terem falhado por excesso de investimentos, não reconhecendo que em patamares elevados de eficiência o ganho marginal proporcionado pelos investimentos é reduzido. Assim, conclui-se que é possível utilizar os dados contidos implicitamente nos jogos como ponto de auxílio ao professor. Destacam-se como vantagens do uso desses dados como fonte de evidência da aprendizagem: permitem acompanhar a evolução dos alunos, integram conhecimentos explícitos e implícitos e geram um ambiente onde o aluno expressa seu conhecimento com motivação.

Portanto, com base no exposto, conclui-se que o uso de jogos educacionais como atividade introdutória no ensino superior é válido. Além de apresentar diversos aspectos do contexto profissional de forma dinâmica, os jogos educacionais mostraram-se capazes de motivar os alunos. Soma-se a isso seu potencial em fornecer informações sobre a aprendizagem, que descrevem não apenas a retenção de informação, mas também a capacidade dos alunos em aplicar de modo coordenado seus saberes.

Alguns pontos ficam como sugestões para trabalhos futuros. Primeiramente, não foram avaliadas as contribuições dos jogos educacionais nas aprendizagens futuras dos alunos ingressantes. Naturalmente, a inclusão de uma única atividade baseada em jogos no primeiro ano de graduação não deve resultar em mudanças facilmente perceptíveis. Entretanto, a estruturação de uma disciplina de primeiro ano para apresentar o contexto profissional e suas diferentes áreas através de jogos educacionais pode produzir resultados importantes nos anos subsequentes. Assim, recomenda-se que estudos futuros busquem evidências de melhorias na aprendizagem ao longo da graduação, assim como possíveis mudanças nos índices de evasão.

Outra perspectiva promissora para estudos futuros é a investigação dos efeitos da inclusão de indicadores dos objetivos pedagógicos como apoio ao aluno. Conforme apontado nesta pesquisa, é possível estruturar indicadores pedagógicos a partir das decisões dos alunos. O acesso a essa informação em tempo real pode contribuir no direcionamento da aprendizagem, orientando o aluno na correção de desvios e facilitando a identificação pelo próprio aluno dos pontos falhos na aprendizagem. Tais indicadores não devem substituir o objetivo do jogo, mas serem utilizados como *feedback* e suporte a aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ABENSUR, E.; OLIVEIRA, R. C. Jogo de leilões públicos. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2010.

ABEPRO. **Referências de conteúdos da Engenharia de Produção**. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2014.

ALVAREZ, A.; RÍO, P. D. Educação e desenvolvimento: a teoria de Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Próximo. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Comportamento e aprendizagem: teorias e aplicações escolares**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v. 2.

ANZANELLO, M. J.; FOGLIATTO, F. S. Curvas de aprendizado: estado da arte e perspectivas de pesquisa. **Gestão e Produção**, v. 14, n. 1, p. 109-123, 2007.

AREVALILLO-HERRÁEZ, M.; MORÁN-GÓMEZ, R.; CLAVER, J. M. Conquer the Net: An educational computer game to learn the basic configuration of networking components. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 20, n. 1, p. 72-77, 2012.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAKER, R. J. D.; HABGOOD, M. P. J.; AINSWORTH, S.; CORBETT, A. Modeling the Acquisition of Fluent Skill in Educational Action Games. In: CONATI, C.; MCCOY, K.; PALIOURAS, G. **User Modeling 2007**. Berlin: Springer, 2007. p. 17-26.

BARAB, S.; THOMAS, M.; DODGE, T.; CARTEAUX, R.; TUZUN, H. Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns. **Educational Technology Research and Development**, v. 53, n. 1, p. 86-107, 2005.

BERRY, D. C.; BROADBENT, D. E. On the relationship between task performance and associated verbalizable knowledge. **The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A**, v. 36, n. 2, p. 209-231, 1984.

BERRY, D. C.; BROADBENT, D. E. Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. **British Journal of Psychology**, v. 79, n. 2, p. 251, 1988.

BOGOST, I. **Persuasive games: the expressive power of videogames**. Cambridge: MIT Press, 2007.

BOUZADA, M. A. C. Jogando logística no Brasil. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2009.

BROM, C.; SISLER, V.; SLAVIK, R. Implementing digital game-based learning in schools: augmented learning environment of “Europe 2045”. **Multimedia systems**, v. 16, n. 1, p. 23-41, 2010.

CAMERON, B.; DWYER, F. The effect of online gaming, cognition and feedback type in facilitating delayed achievement of different learning objectives. **Journal of Interactive Learning Research**, v. 16, n. 3, p. 243-258, 2005.

CHANG, Y.-C.; CHEN, W.-C.; YANG, Y.-N.; CHAO, H.-C. A flexible web-based simulation game for production and logistics management courses. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 17, n. 7, p. 1241-1253, 2009.

CHARSKY, D.; RESSLER, W. "Games are made for fun": Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games. **Computers & Education**, v. 56, n. 3, p. 604-615, 2011.

CHEN, S. Y.; HUANG, P.-R. The comparisons of the influences of prior knowledge on two game-based learning systems. **Computers & Education**, v. 68, n. 0, p. 177-186, 2013.

CHIN, J.; DUKES, R.; GAMSON, W. Assessment in simulation and gaming: a review of the last 40 years. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 4, p. 553-568, 2009.

CLARK, D. B.; MARTINEZ-GARZA, M. M.; BISWAS, G.; LUECHT, R. M.; SENGUPTA, P. Driving assessment of students' explanations in game dialog using computer-adaptive testing and hidden Markov modeling. In: IFENTHALER, D.; ESERYEL, D.; GE, X. **Assessment in Game-Based Learning**. New York: Springer, 2012. p. 173-199.

COLLER, B. D.; SCOTT, M. J. Effectiveness of using a video game to teach a course in mechanical engineering. **Computers & Education**, v. 53, n. 3, p. 900-912, 2009.

COLLER, B. D.; SHERNOFF, D. J. Video game-based education in mechanical engineering: A look at student engagement. **International Journal of Engineering Education**, v. 25, n. 2, p. 308-317, 2009.

CONNOLLY, T. M.; BOYLE, E. A.; MACARTHUR, E.; HAINEY, T.; BOYLE, J. M. A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 661-686, 2012.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Resolução CNE/CES 11, aprovado em 11 de março de 2002. **Diário Oficial da União**. Brasília, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32.

CRONAN, T. P.; LÉGER, P.-M.; ROBERT, J.; BABIN, G.; CHARLAND, P. Comparing Objective Measures and Perceptions of Cognitive Learning in an ERP Simulation Game: A Research Note. **Simulation & Gaming**, v. 43, n. 4, p. 461-480, 2012.

CROOKALL, D. Serious games, debriefing, and simulation/gaming as a discipline. **Simulation & Gaming**, v. 41, n. 6, p. 898-920, 2010.

DA COSTA, D. G. M.; BORRÁS, M. A. A. Perfil profissional demandado para o engenheiro de produção: uma análise de mercado de trabalho regional. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2007, Curitiba. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2007.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. **Management science**, v. 35, n. 8, p. 982-1003, 1989.

DE HOLANDA, C. A. M.; BEZERRA, C. A. D. Aplicação de uma abordagem “hands-on” na disciplina introdução a engenharia. In: XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2007, Curitiba. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2007.

DE QUEIROZ, A. A.; LUCERO, A. G.; BORGES, J. C. DE C. M. O jogo da produção - uma ferramenta complementar ao ensino em engenharia de sistemas de produção. In: 1º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação, 2001, Curitiba. **Anais...** Rio de Janeiro: ABCM, 2001.

DESHPANDE, A. A.; HUANG, S. H. Simulation games in engineering education: A state-of-the-art review. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 19, n. 3, p. 399-410, 2011.

DIAS SOBRINHO, J. Educação superior, globalização e democratização: qual universidade? **Revista Brasileira de Educação**, n. 28, p. 164 - 173, 2005.

DONDLINGER, M. J. Educational video game design: A review of the literature. **Journal of Applied Educational Technology**, v. 4, n. 1, p. 21-31, 2007.

EBNER, M.; HOLZINGER, A. Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. **Computers & Education**, v. 49, n. 3, p. 873-890, 2007.

ERHEL, S.; JAMET, E. Digital game-based learning: Impact of instructions and feedback on motivation and learning effectiveness. **Computers & Education**, v. 67, n. 0, p. 156 - 167, 2013.

FARIA, A. J.; HUTCHINSON, D.; WELLINGTON, W. J.; GOLD, S. Developments in business gaming: a review of the past 40 years. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 4, p. 464-487, 2009.

FELDER, R. M.; WOODS, D. R.; STICE, J. E.; RUGARCIA, A. The future of engineering education II. Teaching methods that work. **Chemical Engineering Education**, v. 34, n. 1, p. 26-39, 2000.

FENG, J.; SPENCE, I.; PRATT, J. Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition. **Psychological Science**, v. 18, n. 10, p. 850-855, 2007.

FERREIRA, R. A. S.; DA SILVA, F. W. O. Aplicação da maiêutica em atividades formativas de introdução à engenharia. In: XXXII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2004.

GAGNÉ, R. M.; WAGNER, W. W.; GOLAS, K. C.; KELLER, J. M. **Principles of Instructional Design**. 5. ed. Belmont: Wadsworth, 2005.

GARRIS, R.; AHLERS, R.; DRISKELL, J. E. Games, motivation, and learning: A research and practice model. **Simulation & Gaming**, v. 33, n. 4, p. 441-467, 2002.

GATTIE, D. K.; KELLAM, N. N.; SCHRAMSKI, J. R.; WALTHER, J. Engineering education as a complex system. **European Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p. 521-535, 2011.

GEE, J. P. **What video games have to teach us about literacy and learning**. New York: Palgrave Macmillan, 2003.

GIANNAKOS, M. N. Enjoy and learn with educational games: Examining factors affecting learning performance. **Computers & Education**, v. 68, n. 0, p. 429-439, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOPHER, D.; WELL, M.; BAREKET, T. Transfer of skill from a computer game trainer to flight. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 36, n. 3, p. 387-405, 1994.

GRASSO, D. **Holistic engineering education: beyond technology**. New York: Springer, 2010.

GREDLER, M. E. Educational games and simulations: a technology in search of a (research) paradigm. In: JONASSEN, D. H. **Handbook of research for educational communications and technology**. New York: MacMillan, 1996. p. 521-540.

GREDLER, M. E. **Learning and instruction: theory into practice**. 6. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2009.

GUILLÉN-NIETO, V.; ALESON-CARBONELL, M. Serious games and learning effectiveness: The case of It's a Deal! **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 435-448, 2012.

GUO, H.; LI, H.; CHAN, G.; SKITMORE, M. Using game technologies to improve the safety of construction plant operations. **Accident Analysis & Prevention**, v. 48, n. 0, p. 204-213, 2012.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2006.

HAUGE, J. B.; RIEDEL, J. C. K. H. Evaluation of simulation games for teaching engineering and manufacturing. **Procedia Computer Science**, v. 15, n. 0, p. 210-220, 2012.

HEIN, A.; RABENSCHLAG, D. Modelagem de um jogo de empresas para o ensino de custos na graduação. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: Abeprou, 2007.

IBRAHIM, R.; YUSOFF, R.; KHALIL, K.; JAAFAR, A. Factors affecting undergraduates' acceptance of educational game: an application of technology acceptance model (TAM). In: ZAMAN, H.; ROBINSON, P.; PETROU, M.; OLIVIER, P.; SHIH, T.; VELASTIN, S.;

NYSTRÖM, I. **Visual Informatics: Sustaining Research and Innovations**. Berlin: Springer, 2011. p. 135-146.

IFENTHALER, D.; ESERYEL, D.; GE, X. Assessment for Game-Based Learning. In: IFENTHALER, D.; ESERYEL, D.; GE, X. **Assessment in Game-Based Learning**. New York: Springer, 2012. p. 1-8.

JONES, T.; RICHEY, R. Rapid prototyping methodology in action: A developmental study. **Educational Technology Research and Development**, v. 48, n. 2, p. 63-80, 2000.

KE, F. Computer games application within alternative classroom goal structures: cognitive, metacognitive, and affective evaluation. **Educational Technology Research and Development**, v. 56, n. 5, p. 539-556, 2008.

KE, F. A qualitative meta-analysis of computer games as learning tools. In: FERDIG, R. E. **Handbook of research on effective electronic gaming in education**. Hershey: IGI Global, 2009. v. 1, p. 1-32.

KEBRITCHI, M.; HIRUMI, A. "2C."Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. **Computers & Education** , v. 51, n. 4, p. 1729-1743, 2008.

KEBRITCHI, M.; HIRUMI, A.; BAI, H. The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. **Computers & Education**, v. 55, n. 2, p. 427-443, 2010.

KLABBERS, J. H. G. **The magic circle: principles of gaming & simulation**. 3. ed. Rotterdam: Sense Publishers, 2009a.

KLABBERS, J. H. G. Terminological ambiguity: game and simulation. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 4, p. 446-463, 2009b.

KOLB, A.; KOLB, D. Experiential Learning Theory. In: SEEL, N.M. **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. New York: Springer, 2012. p. 1215-1219.

KOLB, D. A. **Experiential learning: experience as the source of learning and development**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1984.

KUH, G. D.; CRUCE, T. M.; SHOUP, R.; KINZIE, J.; GONYEA, R. M. Unmasking the effects of student engagement on first-year college grades and persistence. **The Journal of Higher Education**, v. 79, n. 5, p. 540-563, 2008.

KURIGER, G. W.; WAN, H.; MIREHEI, S. M.; TAMMA, S.; CHEN, F. F. A web-based lean simulation game for office operations: training the other side of a lean enterprise. **Simulation & Gaming**, v. 41, n. 4, p. 487-510, 2010.

LAW, A. M. **Simulation modeling and analysis**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2007.

LEE, M. C. Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation-confirmation model. **Computers & Education**, v. 54, n. 2, p. 506-516, 2010.

LEEMKUIL, H.; JONG, T. Adaptive advice in learning with a computer-based knowledge management simulation game. **Academy of Management Learning & Education**, v. 11, n. 4, p. 653-665, 2012.

LIANG, H.; SHI, M. Application of Heuristic Teaching Thought to Educational Game Development. In: SAMBATH, S.; ZHU, E. **Frontiers in Computer Education**. Berlin: Springer, 2012. v. 133, p. 279-288.

LIMA, K. R. DE S. Expansão e reestruturação das universidades federais e intensificação do trabalho docente: o programa REUNI. **Revista de Políticas Públicas**, v. 16, n. especial, 2013.

LIU, C. C.; CHENG, Y. B.; HUANG, C. W. The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. **Computers & Education**, v. 57, n. 3, p. 1907-1918, 2011.

LOH, C. S. Information Trails: In-Process Assessment of Game-Based Learning. In: IFENTHALER, D.; ESERYEL, D.; GE, X. **Assessment in Game-Based Learning**. New York: Springer, 2012. p. 123-144.

MADRUGA, J. A. G. Aprendizagem pela descoberta frente à aprendizagem pela recepção: a teoria da aprendizagem verbal significativa. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Comportamento e aprendizagem: teorias e aplicações escolares**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v. 2.

MAESTRELLI, N. C.; IGARASHI, M. DE O.; MAMMANA, S.; BORUSZEWSKY, W. Ensino de ferramentas básicas de qualidade: uma proposta para a disciplina introdução à engenharia de produção. In: XLII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2014, Juiz de Fora. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2014.

MALONE, T. W. Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction. **Cognitive Science**, v. 5, n. 4, p. 333-369, 1981.

MANSKE, M.; CONATI, C. Modelling Learning in an Educational Game. In: LOOI, C-K.; MCCALLA, G.; BREDEWEG, B.; BREUKER, J. **Artificial Intelligence in Education: Supporting Learning Through Intelligent And Socially Informed Technology**. Amsterdam: IOS Press, 2005. v. 125, p. 411.

MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. Análise dos custos de manutenção e de não-manutenção de equipamentos produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MAYER, R. E. Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. **American Psychologist**, v. 59, n. 1, p. 14-19, 2004.

MAYO, M. J. Video games: a route to large-scale STEM education? **Science**, v. 323, n. 5910, p. 79-82, 2009.

MERRIAM, S. B.; CAFFARELLA, R. S.; BAUMGARTNER, L. M. **Learning in Adulthood: A Comprehensive Guide**. 3. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2007.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**, v. 63, n. 2, p. 81-97, 1956.

MILLER, L. M.; CHANG, C.-I.; WANG, S.; BEIER, M. E.; KLISCH, Y. Learning and motivational impacts of a multimedia science game. **Computers & Education**, v. 57, n. 1, p. 1425-1433, 2011.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Relatório da Comissão Constituída pela Portaria nº 126/2012: Análise sobre a Expansão das Universidades Federais 2003 a 2012**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=12386&Itemid=>. Acesso em: 18 jan. 2014.

MONTEFUSCO, R.; LOPES, E. M. Disciplina “Introdução à engenharia”: habilitação civil. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2008, São Paulo. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2008.

MORENO-GER, P.; BURGOS, D.; MARTÍNEZ-ORTIZ, I.; SIERRA, J. L.; FERNÁNDEZ-MANJÓN, B. Educational game design for online education. **Computers in Human Behavior**, v. 24, n. 6, p. 2530 - 2540, 2008.

MORENO-GER, P.; BURGOS, D.; TORRENTE, J. Digital Games in eLearning Environments: Current Uses and Emerging Trends. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 5, p. 669-687, 2009.

MURATET, M.; TORGUET, P.; JESSEL, J. P.; VIALLET, F. Towards a serious game to help students learn computer programming. **International Journal of Computer Games Technology**, v. 2009, p. 3, 2009.

NCUBE, L. B. A Simulation of Lean Manufacturing: The Lean Lemonade Tycoon 2. **Simulation & Gaming**, v. 41, n. 4, p. 568-586, 2010.

ONG, C. S.; LAI, J. Y.; WANG, Y. S. Factors affecting engineers' acceptance of asynchronous e-learning systems in high-tech companies. **Information & Management**, v. 41, n. 6, p. 795-804, 2004.

ORVIS, K. A.; HORN, D. B.; BELANICH, J. The roles of task difficulty and prior videogame experience on performance and motivation in instructional videogames. **Computers in Human Behavior**, v. 24, n. 5, p. 2415-2433, 2008.

OZCELIK, E.; CAGILTAY, N. E.; OZCELIK, N. S. The effect of uncertainty on learning in game-like environments. **Computers & Education**, v. 67, n. 0, p. 12-20, 2013.

PALLONE, F. V.; RODRIGUES, J. S.; MANTELATO, B.; MAEKAWA, R. T. Utilização de jogos de empresas para o ensino aprendizagem em contabilidade de custos. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2010.

PALMA, M.; DE LOS RÍOS, I.; GUERRERO, D. Higher Education in Industrial Engineering in Peru: Towards a New Model Based on Skills. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 46, n. 0, p. 1570-1580, 2012.

PAPASTERGIOU, M. Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. **Computers & Education**, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2009.

PASIN, F.; GIROUX, H. The impact of a simulation game on operations management education. **Computers & Education**, v. 57, n. 1, p. 1240-1254, 2011.

PEREIRA, L.; PASINI, E. T. O trabalho pedagógico com mapas conceituais como estratégia para favorecer a aprendizagem significativa. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2011.

PEREIRA, L. T. DO V.; BAZZO, W. A. Introdução à engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2008, São Paulo. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2008.

PIEMOLINI-BARRETO, L. T.; SANDRI, I. G. Introdução à engenharia de alimentos. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2010, Fortaleza. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2010.

POMBO, O. Interdisciplinaridade e integração dos saberes. **Liinc em revista**, v. 1, n. 1, p. 3-15, 2005.

POZO, J. I. **Teorias Cognitivas da Aprendizagem**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

POZO, J. I. **Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje**. 2. ed. Madrid: Alianza Editorial, 2008.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants Part 1. **On the horizon**, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001a.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants Part 2: Do they really think differently? **On the horizon**, v. 9, n. 6, p. 1-6, 2001b.

RANDEL, J. M.; MORRIS, B. A.; WETZEL, C. D.; WHITEHILL, B. V. The effectiveness of games for educational purposes: a review of recent research. **Simulation & Gaming**, v. 23, n. 3, p. 261-276, 1992.

REEVE, J. The interest-enjoyment distinction in intrinsic motivation. **Motivation and Emotion**, v. 13, n. 2, p. 83-103, 1989.

REIS, V. W.; DA CUNHA, P. J. M.; SPRITZER, I. M. DA P. A. Evasão no ensino superior de engenharia no Brasil: um estudo de caso no CEFET/RJ. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2012.

RIBEIRO, L. R. DE C. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia. **Revista de Ensino em Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008a.

RIBEIRO, R. P. O uso de jogos de simulação como instrumento de treinamento em gestão de investimentos. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2008b.

RIBEIRO, R. P.; SAGGIN, C.; AMORIN, A. L. W. Análise da aplicabilidade do jogo de simulação logística LOGSIM. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 2010.

RÍO, M. J. D. Desenvolvimento psicológico e educação: psicologia da educação. In: CÉSAR COLL AND JESÚS PALACIOS AND ALVARO MARCHESI. **Comportamento e aprendizagem: teorias e aplicações escolares**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v. 2.

RUPP, A. A.; GUSHTA, M.; MISLEVY, R. J.; SHAFFER, D. W. Evidence-centered design of epistemic games: Measurement principles for complex learning environments. **The Journal of Technology, Learning and Assessment**, v. 8, n. 4, 2010.

SANTANDREU-MASCARELL, C.; CANÓS-DARÓS, L.; PONS-MORERA, C. Competencies and skills for future Industrial Engineers defined in Spanish degrees. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 4, n. 1, p. 13-30, 2011.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2000.

SANTOS, F. C. A. Potencialidades de mudanças na graduação em Engenharia de Produção geradas pelas diretrizes curriculares. **Revista Produção**, v. 13, n. 1, p. 26-39, 2003.

SCHAFRANSKI, L. E.; CORNÉLIO FILHO, P.; KOPITTKE, B. H.; TUBINO, D. F. Desenvolvimento de um jogo de empresas para o ensino de planejamento e controle da produção. In: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. **Anais...** Rio de Janeiro: Abepro, 1998.

SHAFFER, D. W. Epistemic games. **Innovate**, v. 1, n. 6, 2005.

SHAFFER, D. W. **How computer games help children learn**. New York: Palgrave Macmillan, 2006a.

SHAFFER, D. W. Epistemic frames for epistemic games. **Computers & Education**, v. 46, n. 3, p. 223-234, 2006b.

SHAFFER, D. W.; HATFIELD, D.; SVAROVSKY, G. N.; NASH, P.; NULTY, A.; BAGLEY, E.; FRANK, K.; RUPP, A. A.; MISLEVY, R. Epistemic Network Analysis: A Prototype for 21st-Century Assessment of Learning. **International Journal of Learning and Media**, v. 1, n. 2, 2009.

SHAFFER, D. W.; SQUIRE, K. R.; HALVERSON, R.; GEE, J. P. Video Games and the Future of Learning. **The Phi Delta Kappan**, v. 87, n. 2, p. pp. 104-111, 2005.

SHEPPARD, B. H.; HARTWICK, J.; WARSHAW, P. R. The theory of reasoned action: a meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research. **Journal of Consumer Research**, v. 15, n. 3, p. 325-343, 1988.

SIERRA, B.; CARRETERO, M. Aprendizagem, memória e processamento da informação: a psicologia cognitiva da instrução. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. **Comportamento e aprendizagem: teorias e aplicações escolares**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. v. 2.

SIEWIOREK, A.; SAARINEN, E.; LAINEMA, T.; LEHTINEN, E. Learning leadership skills in a simulated business environment. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 121-135, 2012.

SILVA, R. R. DE C. M. DA; MAINIER, F. B.; PASSOS, F. B. A contribuição da disciplina de introdução à engenharia química no diagnóstico da evasão. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 14, n. 51, p. 261 - 277, 2006.

SITZMANN, T. A Meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. **Personnel Psychology**, v. 64, n. 2, p. 489-528, 2011.

SMITH, K. A.; WALLER, A. A. New paradigms for engineering education. In: Frontiers in Education Conference. 27th Annual Conference: Teaching and Learning in an Era of Change, 1997, Pittsburgh. **Anais...** Champaign: Stipes Publishing L.L.C., 1997.

STEINKUEHLER, C.; DUNCAN, S. Scientific habits of mind in virtual worlds. **Journal of Science Education and Technology**, v. 17, n. 6, p. 530-543, 2008.

SUN, R.; SLUSARZ, P.; TERRY, C. The interaction of the explicit and the implicit in skill learning: a dual-process approach. **Psychological Review**, v. 112, n. 1, p. 159-192, 2005.

SWAAK, J.; DE JONG, T. Discovery simulations and the assessment of intuitive knowledge. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 17, n. 3, p. 284-294, 2001.

TAN, K. H.; TSE, Y. K.; CHUNG, P. L. A plug and play pathway approach for operations management games development. **Computers & Education**, v. 55, n. 1, p. 109-117, 2010.

TERZIS, V.; MORIDIS, C. N.; ECONOMIDES, A. A. Continuance acceptance of computer based assessment through the integration of user's expectations and perceptions. **Computers & Education**, v. 62, n. 0, p. 50-61, 2013.

TREVIÑO-GUZMÁN, N.; POMALES-GARCÍA, C. How can a serious game impact student motivation and learning? In: Industrial and Systems Engineering Research Conference, 2014, Montreal. **Anais...** Norcross: IIE, 2014.

TRIPP, S.; BICHELMMEYER, B. Rapid prototyping: An alternative instructional design strategy. **Educational Technology Research and Development**, v. 38, n. 1, p. 31-44, 1990.

VENKATESH, V. Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. **Information systems research**, v. 11, n. 4, p. 342-365, 2000.

VENKATESH, V.; BALA, H. Technology Acceptance Model 3 and a research agenda on interventions. **Decision Sciences**, v. 39, n. 2, p. 273-315, 2008.

VOGEL, J. J.; VOGEL, D. S.; CANNON-BOWERS, J.; BOWERS, C. A.; MUSE, K.; WRIGHT, M. Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. **Journal of Educational Computing Research**, v. 34, n. 3, p. 229-243, 2006.

WALL, J.; AHMED, V. Use of a simulation game in delivering blended lifelong learning in the construction industry – opportunities and challenges. **Computers & Education**, v. 50, n. 4, p. 1383-1393, 2008.

WATANABE, F. Y.; OGASHAWARA, O.; MONTAGNOLI, A. N.; RUBERT, J. B. A disciplina “iniciação à engenharia mecânica” no contexto do processo de implantação do projeto pedagógico do curso de engenharia mecânica da UFSCar. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2009, Recife. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2009.

WATANABE, F. Y.; OGASHAWARA, O.; MONTAGNOLI, A. N.; RUBERT, J. B. Desenvolvimento de atividades de projeto nas disciplinas de “iniciação à engenharia”. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2010, Fortaleza. **Anais...** Brasília: ABENGE, 2010.

WHITTON, N. Games-Based Learning. In: SEEL, N. M. **Encyclopedia of the Sciences of Learning**. New York: Springer, 2012. p. 1337-1340.

WILSON, K. A.; BEDWELL, W. L.; LAZZARA, E. H.; SALAS, E.; BURKE, C. S.; ESTOCK, J. L.; ORVIS, K. L.; CONKEY, C. Relationships between game attributes and learning outcomes: review and research proposals. **Simulation & Gaming**, v. 40, n. 2, p. 217-266, 2009.

WOUTERS, P.; VAN NIMWEGEN, C.; VAN OOSTENDORP, H.; VAN DER SPEK, E. D. A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. **Journal of Educational Psychology**, v. 105, n. 2, p. 249-265, 2013.

WU, W.-H.; CHIOU, W.-B.; KAO, H.-Y.; HU, C.-H. A.; HUANG, S.-H. Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. **Computers & Education**, v. 59, n. 4, p. 1153 - 1161, 2012.

YANG, Y.-T. C. Building virtual cities, inspiring intelligent citizens: Digital games for developing students’ problem solving and learning motivation. **Computers & Education**, v. 59, n. 2, p. 365 - 377, 2012.

APÊNDICE A – Material de apoio para o professor

Os sobreviventes - Gerenciar partidas

Olá!

Você está preparado para um grande desafio?

Neste jogo você terá a oportunidade de gerenciar uma empresa que fabrica sucos naturais. Esta empresa está abrindo suas portas agora, e você terá o desafio de gerenciá-la nos próximos dois anos. A cada mês, você deverá decidir diversas questões importantes para o sucesso desta empresa. Estas decisões irão influenciar a demanda por seus produtos e a lucratividade da empresa.

Clique em "Jogar" para iniciar a partida ou em "Instruções" para ver algumas dicas sobre o jogo.

Gerenciar partidas

Usuário

Senha

Ok

Instruções Jogar

Laboratório de Otimização de Produtos e Processos - UFRGS

Na tela inicial do jogo deve-se selecionar a opção "Gerenciar partidas". O usuário "professor" é o único que tem acesso a gestão de partidas, os usuários dos alunos não tem permissão de acesso a este espaço. Inicialmente a senha para este usuário é "professor". Esta pode ser alterada na tela de gerenciamento das partidas.

Criar Partida Excluir Partida Exibir/Ocultar Observar Partida Sair

Alterar Senha Gerenciar Equipes para alunos

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada (min.)	Status	Visível para alunos
67	teste	1	3	Partida em andamento.	Sim
66	1jog	1	3	Partida em andamento.	Sim
65	Partida_exemplo	8	3	Aguardando jogadores (2/8)	Sim
64	teste_usr3	1	1	Partida parada.	Não
62	teste_usr	1	1	Partida parada.	Não
61	teste pausa	2	1	Partida em andamento.	Não
60	teste8	8	1	Partida em andamento.	Sim
59	teste 2 jog	2	3	Partida em andamento.	Não
58	teste1jog	1	1	Partida parada.	Não
57	testeTeia	1	3	Partida em andamento.	Não
56	testeTELA	1	3	Partida em andamento.	Não
55	teste2	1	3	Partida parada.	Não
54	desc	2	2	Aguardando jogadores (1/2)	Não
53	desc2	2	1	Partida parada.	Não
52	desc	2	3	Aguardando jogadores (0/2)	Não
51	teste novo	2	1	Aguardando jogadores (0/2)	Não
49	test	2	1	Partida finalizada.	Não
48	teste	1	3	Partida parada.	Não
47	teste	1	1	Partida finalizada.	Não

Após o *login*, é exibido o espaço em que é possível realizar as atividades de gestão de partidas:

- 1) Criar uma partida;
- 2) Excluir uma partida;
- 3) Exibir/Ocultar dos alunos uma partida;
- 4) Observar uma partida (tela do mercado);
- 5) Alterar senha do professor;
- 6) Gerenciar equipes (alterar senha da equipe e excluir equipe)

Criar Partida Excluir Partida Exibir/Ocultar Observar Partida Sair

Criar Partida

Descrição

Número de jogadores (1 a 8)

Tempo máximo por rodada (min.)

Fechar Criar

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada	Status	Visível para alunos
52	desc	2	3	Aguardando jogadores (0/2)	Não
51	teste novo	2	1	Aguardando jogadores (0/2)	Não
49	test	2	1	Partida finalizada.	Não
48	teste	1	3	Partida parada.	Não
47	teste	1	1	Partida finalizada.	Não

1) Criar Partida

Permite criar uma nova partida. Para isso é necessário informar a descrição da partida, definir o número de jogadores e o tempo por rodada. Após a criação da partida estes dados não podem ser alterados. Quando criada, a partida aparecerá na lista de partidas dos alunos somente se estiver "Visível para alunos" (última coluna). Se a partida for criada quando os alunos já estão na tela de escolha da partida, eles terão que atualizar a lista de partidas (seta circular no canto inferior direito).

Criar Partida Excluir Partida Exibir/Ocultar Observar Partida Sair

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada (min.)	Status	Visível para alunos
67	teste	1	3	Partida em andamento.	Sim
66	fjog	1	3	Partida em andamento.	Sim
65	Partid				Sim
64	teste				Não
62	teste				Não
61	teste				Não
60	teste				Sim
59	teste				Não
58	teste				Não
57	teste				Não
56	teste				Não
55	teste				Não
54	desc				Não
53	desc				Não
52	desc				Não
51	teste novo	2	1	Aguardando jogadores (0/2)	Não
49	test	2	1	Partida finalizada.	Não
48	teste	1	3	Partida parada.	Não
47	teste	1	1	Partida finalizada.	Não

Alterar Senha

Senha Atual

Nova Senha

Nova Senha

5) Alterar senha

Esta opção pode ser acessada abrindo o submenu. Aqui, a senha do usuário "professor" pode ser alterada. Para isso, basta informar a senha atual e a nova senha. A nova senha deve ser informada duas vezes para evitar erros de digitação.

Criar Partida Excluir Partida Exibir/Ocultar Observar Partida Sair

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada (min.)	Status	Visível para alunos
67	teste	1	3	Partida em andamento.	Sim
66	fjog	1	3	Partida em andamento.	Sim
65	Partid				Sim
64	teste				Não
62	teste				Não
61	teste				Não
60	teste				Sim
59	teste				Não
58	teste				Não
57	teste				Não
56	teste				Não
55	teste				Não
54	desc				Não
53	desc				Não
52	desc				Não
51	teste novo	2	1	Aguardando jogadores (0/2)	Não
49	test	2	1	Partida finalizada.	Não
48	teste	1	3	Partida parada.	Não
47	teste	1	1	Partida finalizada.	Não

Gerenciar Equipes

Equipe	Descrição	Partidas vinculadas ao jogador
5	Aluno	66-67-65
6	nov01	53
7	a1	57-59-60-61-65
8	a2	60
9	a3	60
10	a4	60
11	a5	60
12	a6	60

6) Gerenciar equipes

Esta opção pode ser acessada abrindo o submenu. Nesta tela, é possível realizar duas ações:

a) Excluir uma equipe: para realizar esta ação a equipe não pode estar vinculada a nenhuma partida. Para eliminar o vínculo entre uma equipe e uma partida, é necessário excluir a partida. Isso garante a integridade do banco de dados.

Criar Partida Excluir Partida Exibir/Ocultar Observar Partida Sair

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada (min.)	Status	Visível para alunos
67	teste	1	3	Partida em andamento.	Sim
66	fjog	1	3	Partida em andamento.	Sim
65	Partida_ex				Sim
64	teste_usr				Não
62	teste_usr				Não
61	teste paus				Não
60	teste8				Sim
59	teste 2 jog				Não
58	teste1jog				Não
57	testeTELA				Não
56	testeTELA				Não
55	teste2				Não
54	desc				Não
53	desc2				Não
52	desc	2	3	Aguardando jogadores (0/2)	Não
51	teste novo	2	1	Aguardando jogadores (0/2)	Não
49	test	2	1	Partida finalizada.	Não
48	teste	1	3	Partida parada.	Não
47	teste	1	1	Partida finalizada.	Não

Alterar senha da equipe 5 - Aluno

Nova Senha

Nova Senha

b) Alterar Senha: permite que o professor altere a senha da equipe selecionada (caso a equipe esqueça a sua senha). A nova senha informada pelo professor sobrescreverá a antiga.

APÊNDICE B – Material de apoio para os alunos

Instruções

Na próxima aula, vamos realizar um jogo de empresas em sala de aula, onde cada grupo irá constituir uma das empresas que estarão competindo entre si. O jogo irá iniciar pontualmente de acordo com o horário de início da aula. Assim, solicito aqueles que puderem chegar um pouco mais cedo, que façam isso. O jogo vai estar instalado nos computadores e, chegando mais cedo, vocês podem se familiarizar com os diversos fatores a serem gerenciados.

Para jogar, os quatro componentes do grupo devem organizar-se nas seguintes funções:

1. Piloto de PC: Entra com as informações no computador
2. Analista interno: Realiza análise dos indicadores, concentrando-se nos números da própria empresa
3. Analista externo: Realiza análise dos indicadores, concentrando-se nos números da concorrência
4. Facilitador: Mantém a equipe motivada e assegura-se que as informações serão enviadas no limite do tempo

- Grupos com apenas três componentes, um dos componentes aglutina as funções de analista externo e facilitador;

- Grupos com apenas dois componentes, um dos componentes aglutina as funções de piloto de PC e analista interno enquanto o outro componente aglutina as funções de analista externo e Facilitador.

Recomenda-se que vocês já discutam quem irá assumir qual função no grupo e que leiam atentamente o material a seguir, que explica os campos do jogo. O que está em azul será definido por vocês (mês a mês, sendo que o jogo simula um período de 24 meses). O que está em preto é calculado pelo jogo. Também será necessário definir o nome da empresa de vocês, que pode ser o número do grupo ou uma nova marca, como vocês preferirem.

Os sobreviventes

Gerenciando a produção de suco de fruta

Vocês são donos de uma empresa que produz suco de frutas, sendo que o carro chefe é um concentrado de 2 litros vendido em supermercados. Há várias outras empresas que também vendem o concentrado de suco de frutas em embalagem de 2 litros, de forma que a competição pelos clientes é intensa. Cabe a vocês gerenciar a empresa de forma a obter vantagem sobre os concorrentes. Vocês devem decidir a respeito do tamanho da linha de produção (infraestrutura fabril, número de funcionários e volume de matéria prima), investimentos a serem feitos (tecnologia, manutenção, qualificação de mão de obra, desenvolvimento de fornecedores, controle de qualidade, logística e marketing) e a abordagem mercadológica (preço do produto e política de estoque). Essas decisões irão definir a sobrevivência no mercado. Para viabilizar o negócio, vocês iniciam com 10 unidades de infraestrutura e R\$ 100 mil em caixa.

O jogo

Na tela inicial do jogo você deve selecionar a opção "Jogar" (Figura 01). Nesta tela ainda é possível acessar as instruções do jogo. Estas instruções também estarão disponíveis durante a partida e serão apresentadas adiante neste documento.

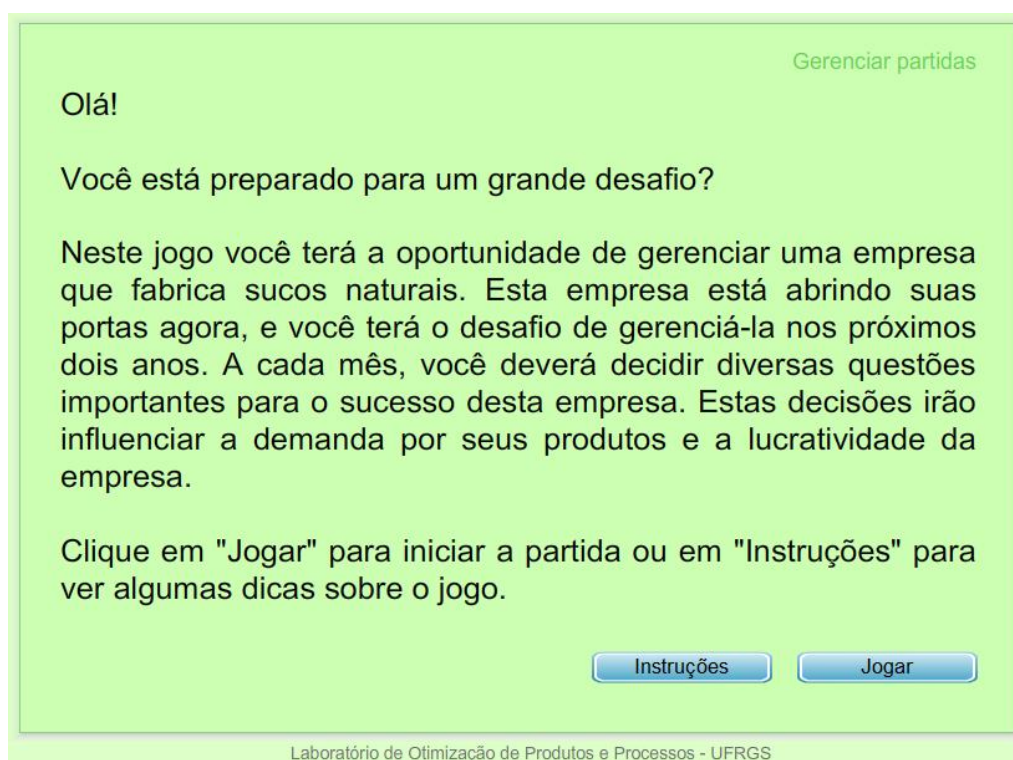


Figura 01 – Tela inicial

Após a tela inicial será apresentada uma tela para a seleção da partida (Figura 02). Em sala de aula, o professor irá orientar qual partida selecionar. Para atualizar a lista de partidas, basta clicar na seta circular no canto inferior direito da tela. Isto permite que a lista seja atualizada e que partidas recém criadas sejam exibidas. Na tela da Figura 2, o grupo deve preencher o nome da sua empresa de sucos e uma senha para acesso. Caso este seja o primeiro acesso do grupo, será solicitada uma confirmação da senha antes de prosseguir. Após a seleção da partida e do preenchimento dos campos, clique no botão "Jogar".

Nome da empresa: Senha de acesso:

Selecione uma partida, preencha o nome da sua empresa e escolha uma senha. Depois, clique em 'Jogar'.

Partida	Descrição	Número de jogadores	Tempo rodada (min.)	Status
65	Partida_exemplo	8	3	Aguardando jogadores (0/8)

Figura 02 – Seleção da partida.

O jogo irá aguardar até que todos os grupos entrem na partida. Quando todos entrarem na partida o jogo passará para a tela principal (Figura 03), e irá aguardar a liberação do início da partida por parte do professor. Quando o professor iniciar a partida, a cada mês o grupo deve realizar 12 decisões (faixa verde na tabela do jogo). O relógio do canto superior esquerdo indica o tempo restante para realizar as decisões do mês corrente. Quando o tempo se esgotar, as decisões preenchidas serão enviadas para análise. No centro da tela, na parte superior (mês de janeiro na Figura 03), existe um botão em forma de seta que abre/fecha o menu do jogo (ver Figura 04).

1:43	Aluno	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Planejamento															
Recursos produtivos (Valores de 10 a 30)															
	Infraestrutura fabril	10													
	Mão de obra														
	Matéria-Prima														
Investimentos (mil R\$) (Valores de 0 a 5)															
	Tecnologia														
	Manutenção														
	Qualificação dos Recursos Humanos														
	Desenvolvimento de Fornecedores														
	Controle da Qualidade														
	Logística e Distribuição														
	Marketing														
Abordagem mercadológica (Preço de 5 a 10)															
	Preço unitário (R\$)														
	Percentual do estoque em promoção														
Indicadores [0; 1]															
	Eficiência dos Equipamentos	1,00													
	Eficiência da mão de obra	0,50													
	Aproveitamento da matéria-prima	0,50													
	Eficiência da rede de distribuição	0,50													
	Qualidade Percebida	0,50													
	Esforço de Marketing	0,50													
	Imagem Institucional	0,50													
Resultados físicos/1000															
	Estoque Inicial														

Figura 03 – Tela principal do jogo

2:51		Enviar Decisões	Analisar Mercado	Instruções	Sair	Out	Nov
Planejamento							
Recursos produtivos (Valores de 10 a 30)							
Infraestrutura fabril	10						
Mão de obra							
Matéria-Prima							
Investimentos (mil R\$) (Valores de 0 a 5)							
Tecnologia							
Manutenção							
Qualificação dos Recursos Humanos							
Desenvolvimento de Fornecedores							
Controle da Qualidade							
Logística e Distribuição							
Marketing							
Abordagem mercadológica (Preço de 5 a 10)							
Preço unitário (R\$)							
Percentual do estoque em promoção							
Indicadores [0; 1]							
Eficiência dos Equipamentos	1,00						
Eficiência da mão de obra	0,50						
Aproveitamento da matéria-prima	0,50						
Eficiência da rede de distribuição	0,50						
Qualidade Percebida	0,50						
Esforço de Marketing	0,50						
Imagem Institucional	0,50						
Resultados físicos/1000							
Estoque Inicial							

Figura 04 – Tela principal do jogo com menu aberto

Na tela principal do jogo, o botão “Enviar Decisões”, no menu da Figura 04, permite enviar as decisões antes do término do tempo disponível. O segundo botão, “Analisar Mercado”, exibe algumas informações sobre os concorrentes. Estas informações são exibidas em uma nova janela que abrirá após clicar neste botão. Na Figura 05 é possível visualizar a tela que mostra como está o mercado.

		Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
1. a1	Mão de obra	10	10	10	10	10	13,7	13,7	13,7	13,7					
	Preço unitário	10	10	10	10	10	7	7	7	7					
	Qualidade Percebida	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,42	0,55	0,63	0,69					
	Esforço de Marketing	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,42	0,55	0,63	0,69					
	Demanda	10	11	13	14	13	48	50	47	41					
	Balanco Final	-40	-39	-38	-47	-56	-81	-85	-76	-66					
2. a2	Mão de obra	10	10	10	10	10	10	10	12,4	12,4					
	Preço unitário	10	10	10	10	10	10	10	8	8					
	Qualidade Percebida	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,42	0,55					
	Esforço de Marketing	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,42	0,55					
	Demanda	10	11	13	14	13	7	5	16	20					
	Balanco Final	-40	-39	-38	-47	-56	-75	-94	-115	-110					
3. a3	Mão de obra	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
	Preço unitário	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
	Qualidade Percebida	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,22	0,21					
	Esforço de Marketing	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,22	0,21					
	Demanda	10	11	13	14	13	7	5	3	2					
	Balanco Final	-40	-39	-38	-47	-56	-75	-94	-113	-143					
4. a4	Mão de obra	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
	Preço unitário	10	10	10	10	10	10	10	10	10					
	Qualidade Percebida	0,41	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,22	0,22	0,21					

Figura 05 - Mercado

Ao clicar em “Instruções”, botão localizado na tela principal (Figura 04), é disponibilizado ao jogador as instruções do jogo (Figura 06). Estas instruções contêm um gráfico resumo sobre as variáveis que influenciam na demanda e nos indicadores de desempenho, seguido pelas explicações sobre cada informação disponível para a gestão da empresa.

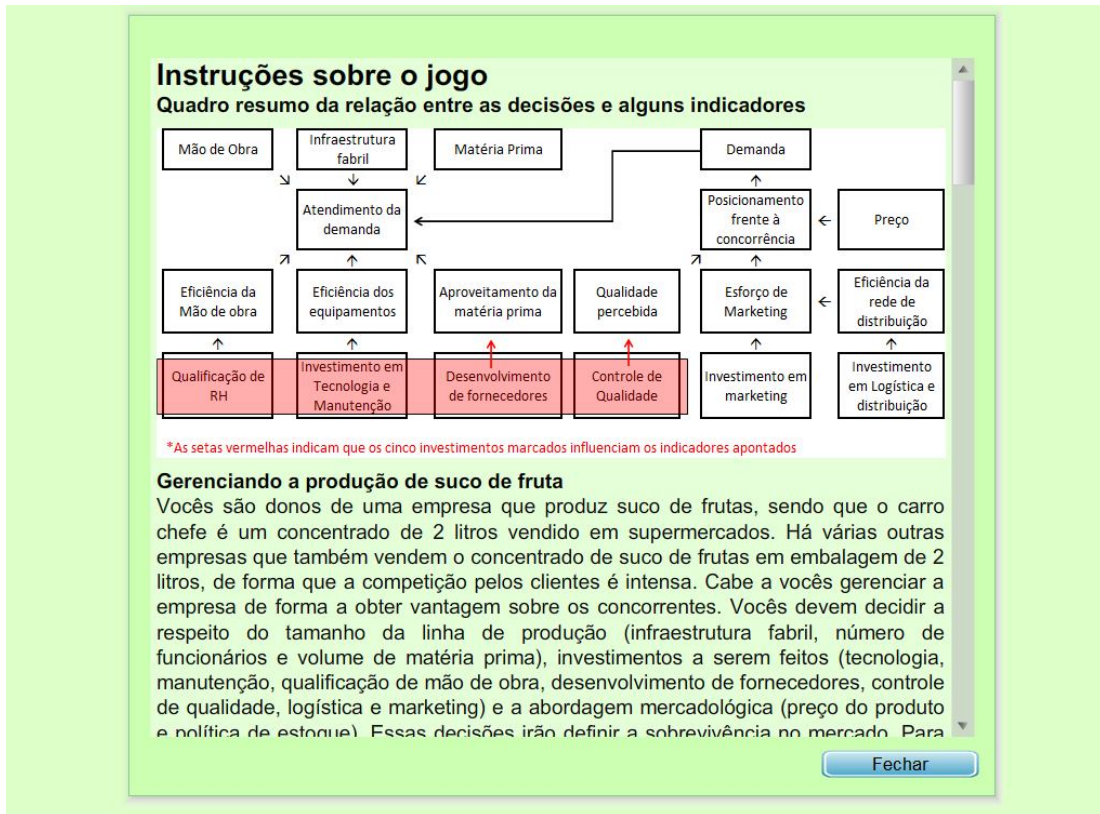


Figura 06 – Instruções

A explicação sobre cada uma das variáveis do jogo também pode ser acessada parando o mouse sobre o nome da variável por alguns instantes (ver Figura 07). Uma janela irá se abrir apresentando as informações disponíveis, e fechará automaticamente ao mover o mouse para fora da variável.

2:09 a1		Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr
Planejamento								
Recursos produtivos (Valores de 10 a 30)								
	Infraestrutura fabril 10							
	Mão de obra							
	Matéria-Prima							
Investimentos (mil R\$) (Valores de 0 a 5)								
	Tecnologia							
	Manutenção							
	Qualificação dos Recursos Humanos							
	Desenvolvimento de Fornecedores							
	Controle da Qualidade							
	Logística e Distribuição							
	Marketing							
Abordagem mercadológica (Preço de 5 a 10)								
	Preço unitário (R\$)							
	Percentual do estoque em promoção							
Indicadores [0; 1]								
	Eficiência dos Equipamentos 1,00							
	Eficiência da mão de obra							
	Aproveitamento da matéria-prima							
	Eficiência da rede de distribuição							
	Qualidade Percebida 0,50							
	Esforço de Marketing 0,50							

Figura 07 – Informações sobre as variáveis na tela do jogo.

A seguir são descritas todas as informações disponíveis para a gestão da empresa.

Recursos produtivos: lista de recursos necessários para a produção e venda. Tem influência direta na quantidade de produtos produzidos.

Infraestrutura Fabril: refere-se ao tamanho da planta produtiva, principalmente em termos de equipamentos. As empresas iniciam com 10 unidades adquiridas ao valor de 100 mil reais. O grupo deve decidir quantas unidades serão utilizadas no mês em questão. Ao aumentar o número de unidades de um mês para outro, novas unidades são adquiridas ao preço de R\$ 10 mil. Ao diminuir o número de unidades, as unidades excedentes são vendidas ao preço de R\$ 5 mil. Cada unidade possui o potencial de produzir mil produtos por mês, se a eficiência dos equipamentos for mantida em níveis ótimos. Os gastos mensais (energia, água, telefone, etc.) associados à infraestrutura fabril custam R\$ 1.000/unidade de infraestrutura fabril.

Mão de obra: refere-se ao número de colaboradores atuando na empresa. Nesta variável o grupo define quantos colaboradores serão utilizados no mês. O custo mensal por colaborador é de mil reais. Se os colaboradores forem treinados e eficientes, um colaborador é capaz de produzir mil produtos por mês. Caso contrário, será necessário um número maior de colaboradores para produzir mil produtos.

Matéria-Prima: refere-se ao número de lotes de matéria-prima adquiridos para o mês em questão. Se o aproveitamento da matéria-prima for excelente, um lote de matéria-prima é suficiente para produzir mil produtos. Caso contrário, será necessário um volume maior de matéria-prima. Como a matéria-prima é perecível, excessos não são repassados para o próximo mês. Cada lote de matéria-prima custa mil reais.

Investimentos (mil R\$): valores financeiros investidos na empresa, cada unidade equivale a mil reais.

Tecnologia: refere-se a investimentos na atualização dos equipamentos da empresa.

Manutenção: refere-se a investimentos na manutenção dos equipamentos da empresa.

Qualificação dos Recursos Humanos: refere-se a investimentos na capacitação de recursos humanos.

Desenvolvimento de fornecedores: refere-se a investimentos na qualificação dos fornecedores de matéria-prima.

Controle da qualidade: refere-se a investimentos nos procedimentos de controle da qualidade dos produtos produzidos.

Logística e distribuição: refere-se a investimentos na rede de distribuição dos produtos da empresa.

Marketing: refere-se a investimentos na propaganda e divulgação do produto.

Abordagem mercadológica

Preço unitário: valor da unidade do produto (embalagem de 2 litros) em R\$, sabendo que o preço médio praticado pelos concorrentes é R\$ 7,00.

Percentual do estoque em promoção: os produtos que não forem vendidos no preço estipulado podem ser vendidos a um preço promocional, correspondente a metade do preço praticado no mercado para o mês atual. Este percentual incide apenas sobre os produtos destinados ao estoque

por não encontrarem compradores no preço normal. Os jogadores devem decidir qual o percentual, com valores entre 0 e 100, dos produtos em estoque que será vendido ao preço promocional.

Indicadores [0; 1]: A cada mês serão fornecidos 7 indicadores, que refletem o resultado das suas escolhas (faixa laranja na tabela do jogo).

Eficiência dos equipamentos: refere-se ao estado de atualização e conservação dos equipamentos, expresso na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende dos investimentos em Tecnologia e Manutenção.

Eficiência da mão de obra: refere-se à capacitação dos empregados, expressa na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende dos investimentos em Qualificação de RH.

Aproveitamento da matéria-prima: refere-se à utilização da matéria-prima, expressa na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende principalmente de Tecnologia, Manutenção, Desenvolvimento de fornecedores, mas também é influenciado pela Qualificação de RH e Controle de Qualidade.

Eficiência da rede de distribuição: refere-se ao alcance e agilidade da rede de distribuição dos produtos, expressa na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende dos investimentos em Logística e distribuição.

Qualidade Percebida: refere-se à qualidade do produto, conforme percebida pelos clientes, expressa na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende principalmente de Qualificação de RH e Controle de Qualidade, mas também é influenciado por da Tecnologia, Manutenção e Desenvolvimento de fornecedores.

Esforço de Marketing: refere-se ao programa de marketing da empresa, expresso na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende dos investimentos em Marketing e também, em menor escala, de investimentos em Logística e distribuição.

Imagem Institucional: refere-se à imagem da empresa no mercado, expressa na escala 0 a 1, onde 0 significa péssimo e 1 significa excelente. Depende principalmente da qualidade percebida e do esforço de marketing e, em menor escala, da eficiência da rede de distribuição.

Resultados físicos: Resultados físicos para lotes de mil unidades (faixa amarela na tabela do jogo).

Estoque Inicial: quantidade de produtos existentes no início do mês, e corresponde aos produtos que não foram vendidos no mês anterior e permaneceram em estoque para o mês atual.

Produção: quantidade de produtos produzidos no mês, limitado pela eficiência dos equipamentos, eficiência da mão de obra ou pelo aproveitamento da matéria-prima. $Produção = \text{mínimo}(\text{infraestrutura fabril} \times \text{eficiência dos equipamentos}, \text{mão de obra} \times \text{eficiência da mão de obra}, \text{matéria-prima} \times \text{aproveitamento da matéria-prima})$.

Disponível para venda: representa o total de produtos disponíveis para a venda no mês atual. Corresponde a soma do estoque inicial e da produção.

Demanda: número de produtos demandados no mês. Depende da qualidade percebida, esforço de marketing e preço praticado. É definida em função da posição do produto da empresa frente à concorrência. Para empresas que estão em uma posição intermediária frente à concorrência (no que

tange a preço e qualidade), espera-se uma demanda de cerca de 10 a 20 mil concentrados por mês. Sendo que nos períodos de calor é que estão os picos de demanda.

Vendas: refere-se aos produtos que são vendidos pelo preço unitário fixado pelo grupo. Corresponde ao menor valor entre a quantidade de produtos disponíveis para venda e a demanda.

Sobra: quantidade que não é vendida pelo preço estabelecido pela empresa. A sobra só ocorre quando o disponível para a venda supera a demanda. Nesta situação, a sobra é calculada como o disponível para venda menos a demanda.

Vendas Promocionais: indica a quantidade de produtos que foi vendida pelo preço promocional. Quando ocorre a sobra definida no item anterior, a empresa tem a possibilidade de vender esta sobra a um preço promocional. Essas vendas são reguladas pela variável "Percentual do estoque em promoção", definida dentro da abordagem mercadológica da empresa. O mercado para produtos em promoção sempre possui demanda, mas paga um preço inferior, cerca de 50% do valor praticado no mercado no mês em questão.

Estoque Final: quantidade de produtos que não foram vendidos no mês corrente e são armazenados para o mês seguinte. O estoque corresponde aos produtos que sobraram e não foram vendidos com preços promocionais. O armazenamento destes produtos de um mês para o próximo tem um custo igual a R\$ 2,00 por unidade estocada.

Resultados financeiros: Resultados financeiros em mil reais (faixa azul na tabela do jogo):

Receitas (mil R\$)

Venda de infraestrutura: receita obtidos através da venda de infraestrutura, no caso, venda de unidades fabris, ao preço de R\$ 5 mil por unidade vendida.

Faturamento: corresponde à receita obtida com a venda dos produtos (preço do produto vezes o volume vendido), lembrando que parte das vendas pode vir por meio de promoções, que possuem um preço inferior ao definido pela empresa.

Total das receitas: soma das receitas obtidas através da venda de infraestrutura e faturamento.

Despesas (mil R\$)

Aquisição de infraestrutura: despesas associadas à compra de infraestrutura fabril, ao custo de R\$ 10 mil por unidade adquirida.

Energia, água, telefone, etc.: representa as despesas associadas à infraestrutura. Estas despesas são proporcionais ao tamanho da empresa, com um custo mensal de mil reais por unidade fabril.

Mão de obra: representa as despesas com os salários dos colaboradores, ao custo de mil reais por colaborador por mês. Quando um colaborador é dispensado, através da redução do número de colaboradores, a empresa não reduz imediatamente o custo de mão de obra devido às despesas de demissão, que equivalem ao custo do colaborador por um mês.

Matéria-prima: custo associado à compra de matéria-prima, lembrando que cada lote de matéria-prima custa mil reais.

Investimentos: total das despesas com os investimentos feitos em Tecnologia, Manutenção, Qualificação de RH, Desenvolvimento de fornecedores, Controle de Qualidade, Logística e distribuição e Marketing.

Armazenagem: custos de guarda dos estoques de um mês para o outro, lembrando que um lote de mil produtos tem um custo de armazenagem de dois mil reais por mês.

Total das despesas: soma das despesas com Aquisição de infraestrutura, Energia, água, telefone, etc., Mão de obra, Matéria-prima, Investimentos e Armazenagem.

Lucro/prejuízo (mil R\$)

Mensal: refere-se ao capital financeiro obtido no mês, onde um resultado positivo indica que as receitas superaram as despesas e, portanto, houve lucro. Um resultado negativo indica que as despesas superaram as receitas e, portanto, houve prejuízo neste mês. É calculado como o total de receitas menos o total de despesas.

Acumulado: refere-se ao capital financeiro acumulado ao longo do tempo, considerando-se o pagamento dos juros (conforme apresentado no próximo item desta lista). Esta variável representa o caixa da empresa, que inicia com um saldo positivo de cem mil reais para permitir os primeiros investimentos nos diferentes setores. Esta variável é calculada como o total de receitas e rendimentos financeiros menos o total de despesas e juros bancários realizados até o mês em questão.

Rendimento/juros financeiros: representa os juros bancários recebidos/pagos pela aplicação do capital em caixa da empresa durante um mês. Totais acumulados positivos são remunerados à taxa de 1% ao mês e totais acumulados negativos pagam juros de 3% ao mês.

Balanço final: representa o capital agregado à empresa até o mês atual. Esta variável sintetiza o desempenho do grupo como gestor, pois desconta o capital investido para início das atividades. O cálculo do balanço final é obtido como a diferença entre o patrimônio atual (capital disponível mais o valor da infraestrutura atual) e o capital usado para início das atividades (dez unidades de infraestrutura e 100 mil reais disponíveis em caixa).