

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Miguel Augusto Lobon Ruiz

**Desenvolvimento de um jogo didático (jogo sério)
para o ensino de projeto de fábrica – Jogo AR→FI**

Taubaté – SP

2019

Miguel Augusto Lobon Ruiz

**Desenvolvimento de um jogo didático (jogo sério)
para o ensino de projeto de fábrica - Jogo AR→FI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre pelo curso de Mestrado Profissional de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté

Área de concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

Taubaté – SP

2019

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

R934d Ruiz, Miguel Augusto Lobon
Desenvolvimento de um jogo didático (jogo sério) para o ensino de projeto de fábrica – Jogo AR=>FI / Miguel Augusto Lobon Ruiz. -- 2019. 141 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida, Departamento de Informática.

1. Metodologias ativas de aprendizagem. 2. Educação tecnológica. 3. Jogos de tabuleiro. 4. Arranjo físico de instalações. I. Título. II. Mestrado em Engenharia Mecânica.

CDD – 372.358

Ficha catalográfica elaborada por **Shirlei Righeti – CRB-8/6995**

Miguel Augusto Lobon Ruiz

**Desenvolvimento de um jogo didático (jogo sério) para o ensino de
projeto de fábrica – Jogo AR→FI**

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre pelo curso de Mestrado
Profissional de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté

Área de concentração: Produção

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

Data: 02/09/2019

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

- Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Carlos Lombardi

- INPE

Assinatura: _____

Prof. Dr. Evandro Luís Nohara

- Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Dedico a minha esposa Marisa e ao meu filho Jonas, pelo incentivo na realização deste trabalho e pela compreensão dos momentos que me ausentei.

“Não se pode ensinar nada a um homem.
Pode-se apenas ajudá-lo a encontrar a
resposta dentro dele mesmo.”

(Galileu Galilei)

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Luis Fernando de Almeida, pela oportunidade concedida, pela orientação e contribuições.

Aos professores Dr. Evandro Luís Nohara e Dr. José Carlos Lombardi, pelas observações e apontamentos para melhoria deste estudo.

Ao professor Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, pelo incentivo e pelas contribuições iniciais.

À Direção da Fatec Jundiaí por permitir a realização desta pesquisa.

À Direção da Fatec de Itatiba por permitir a realização desta pesquisa.

Aos alunos da Fatec de Itatiba pela participação e contribuições.

Aos alunos da Fatec de Jundiaí pela participação e contribuições.

Aos amigos da turma 40.

Ao professor Me. Freid Alberto Matheus Junior pelo apoio.

Ao professor Me. Marcos Antônio Fernandes Feitosa pelo apoio.

RESUMO

A aprendizagem baseada em jogos é uma metodologia ativa que utiliza os jogos didáticos, digitais ou analógicos, como alternativa ao modelo tradicional de ensino. Neste estudo define-se como objetivo principal explorar as possibilidades da utilização de jogos de tabuleiro como facilitador do aprendizado de conteúdos da disciplina de projeto de fábrica. Motivado por um problema do autor, professor da disciplina e sua constatação da dificuldade dos alunos em compreenderem a teoria sem um suporte prático. Descreve-se o desenvolvimento do jogo de tabuleiro AR→FI, apoiado pelos métodos de *design* de jogos sérios e *design* de jogos analógicos, estruturado como pesquisa-ação, divide-se em duas fases. A primeira para desenvolvimento do jogo coleta-se os dados por meio de grupo focal, com a participação de alunos de duas faculdades de tecnologia, e a segunda por meio da técnica de análise de conteúdo, com suporte do *software* ATLAS.ti, das respostas de perguntas abertas, busca-se entender a percepção dos alunos sobre os objetivos educacionais do jogo. Como resultados obtém-se da primeira fase o alcance dos objetivos relacionados a construção do jogo com intensa participação dos grupos focais. Na segunda fase revela-se uma forte conexão da aprovação do jogo, como ferramenta instrucional de suporte ao ensino, com a experiência do jogo em representar um sistema de arranjo físico, onde os alunos puderam experimentar e ver os resultados das suas ações, criando assim uma oportunidade de aprendizagem significativa. Conclui-se que o jogo AR→FI atendeu às premissas do *design* de jogos sérios e identifica-se que os alunos reconheceram outros aspectos importantes do jogo como: colaborativo, dinâmico, motivador, divertido entre outras categorias utilizadas para análise. Há muitas oportunidades para introdução das metodologias ativas no ensino tecnológico, especialmente com a aprendizagem baseada em jogos e com jogos analógicos que não requerem grandes investimentos e aprendizagem para desenvolvê-los.

Palavras-chave: Aprendizagem baseada em jogos; Metodologias ativas de aprendizagem; Educação tecnológica; Jogos de tabuleiro; Arranjo físico de instalações.

ABSTRACT

Game-based learning is an active methodology that uses educational games, digital or analog, as an alternative to the traditional educational model. In this study, the main objective is defined as exploring the possibilities of using board games as facilitators for learning the content of a factory design subject. It was motivated by the author's problem, who teaches the subject, and noticed the students' difficulty in learning the theory without practical support. This project describes the development of an AR→FI board game, supported by the design methods of serious and analog games, structured as research-action, and it is divided into two phases. On the first one, regarding the development of the game, the data is collected through a focus group, with the participation of students from two colleges of technology; and on the second phase, using the content analysis technique for the answers of the open-ended questions, supported by the software ATLAS.ti, it aims to understand the perception of the students about the educational goals of the game. As a result, in the first phase, the objectives regarding the development of the game with the active participation of the focus group is achieved. On the second phase, there is a strong connection between the game's approval as an educational support tool, with the experience of the game in representing a facility layout system, where students could experiment and see the results of their actions, therefore creating a significant learning opportunity. We concluded that the AR→FI game met the design premises of serious games and it was identified that the students acknowledged other important aspects of the game, such as: collaborative, dynamic, motivating, fun, among other categories that were used in the analysis. There are many opportunities to introduce active methodologies in technological education, especially with game-based learning and analog games that do not require great investment and learning to be developed.

Keywords: Game-Based Learning (GBL); Active Learning Methodology; Technological Education; Board Games; Facility layout.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Tabuleiro do Jogo da Mobilidade	20
Figura 1.2: Tabuleiro e componentes do Jogo SCMDESIGN	20
Figura 1.3: O Jogo da Logística Empresarial	21
Figura 1.4: Tabuleiro do Jogo do Empreendedorismo	21
Figura 1.5: Tabuleiro do Jogo Math Game	22
Figura 2.1: Tétrade de elementos dos jogos	31
Figura 2.2: A relação entre Serious Games Mechanics (SGMs) e os padrões pedagógicos e de <i>design</i> de jogos de um jogo.....	33
Figura 2.3: Cinco elementos dos jogos educativos	35
Figura 2.4: Fases do modelo FCECF	38
Figura 2.5: Modelo de ciclo iterativo	40
Figura 2.6: Objetivos de desempenho da operação para atender os clientes	42
Figura 2.7: Arranjo físico por produto	45
Figura 2.8: Arranjo físico de posição fixa.....	47
Figura 2.9: Arranjo físico por processos	48
Figura 2.10: Arranjo físico celular	50
Figura 2.11: Esquema de arranjo físico celular em "U" e fluxos de peças	52
Figura 2.12: Matriz volume x variedade.....	54
Figura 2.13: Procedimento do planejamento sistemático do arranjo físico (SLP)	57
Figura 2.14: Exemplo de fluxograma.....	58
Figura 2.15: Exemplo de carta de processos múltiplos	58
Figura 2.16: Exemplo de carta De-Para	59
Figura 2.17: Exemplo de carta de relacionamento	60
Figura 2.18: Exemplo de convenção de representação de afinidades.....	61
Figura 2.19: Diagrama de relacionamento de atividades.....	61
Figura 2.20: Diagrama de relacionamento entre blocos	62
Figura 2.21: Exemplo de propostas de arranjo físico.....	62
Figura 3.1: Processo Qualitativo	66
Figura 3.2: Abrangências da Pesquisa-ação	67
Figura 3.3: Fases da pesquisa-ação presentes nesta pesquisa	68
Figura 3.4: Nuvem de palavras das respostas da questão 1: O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?.....	76
Figura 3.5: Nuvem de palavras das respostas da questão 2: Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?.....	77
Figura 3.6: Nuvem de palavras das respostas da questão 3: Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?	77
Figura 3.7: Agrupamento dos códigos.....	79
Figura 3.8: Jogo Carcassonne	81
Figura 3.9: O tabuleiro modular do jogo Catan.....	83
Figura 3.10: Componentes do jogo Takenoko.....	84

Figura 3.11: Tabuleiro do jogo Pandemic.....	84
Figura 3.12: Montagem com as peças do jogo AR→FI.....	85
Figura 3.13: Base para montagem do tabuleiro.....	86
Figura 3.14: Cartas de demanda.....	87
Figura 3.15: Peças fabricadas.....	87
Figura 3.16: Tabela de pontos do jogo AR→FI.....	88
Figura 3.17: Primeiro Protótipo do Jogo.....	89
Figura 4.1: Desenho das regras do fluxo de peças pelos setores.....	94
Figura 4.2 Montagem do tabuleiro por duas equipes.....	95
Figura 4.3: Placas com as máquinas.....	96
Figura 4.4: Carta de Processos Múltiplos.....	97
Figura 4.5: Montagem do tabuleiro.....	98
Figura 4.6: Quarto teste.....	99
Figura 4.7: Teste de mesa.....	102
Figura 4.8: Teste de Mesa.....	102
Figura: 4.9 Equipe 1.....	111
Figura 4.10: Equipe 2.....	111
Figura 4.11: Equipe 3.....	112
Figura 4.12: Equipe 4.....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 Jogos de Tabuleiro desenvolvidos nos últimos cinco anos	19
Quadro 2.1: Relacionamento Mecânica dos Jogos X Abordagens Pedagógicas.....	34
Quadro 2.2: Vantagens e desvantagens do arranjo físico por produto	46
Quadro 2.3: Vantagens e desvantagens do arranjo físico de posição.....	47
Quadro 2.4: Vantagens e desvantagens do arranjo físico por processos	49
Quadro 2.5: Vantagens e desvantagens do arranjo físico celular	52
Quadro 3.1: Códigos e definições	78
Quadro 4.1: Resumo do resultado do primeiro teste e melhorias no jogo.	92
Quadro 4.2: Resumo do resultado do segundo teste e melhorias no jogo.....	96
Quadro 4.3 Resumo do resultado do terceiro teste e melhorias no jogo	98
Quadro 4.4: Resumo do resultado do terceiro teste e melhorias no jogo	101
Quadro 4.5: Resumo do resultado do quinto teste e melhorias no jogo	104
Quadro 4.6: Amostra da codificação e categorização das respostas	105
Quadro 4.7: Resultados e classificação das equipes	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Resumo da codificação de todos os respondentes.....	107
Tabela 4.2 Resumo da codificação dos 11 respondentes do Grupo de Início	108
Tabela 4.3: Resumo da codificação dos 14 respondentes do Grupo de Mesa	108
Tabela 4.4: Resultados da equipe 1	113
Tabela 4.5: Resultados da equipe 2	113
Tabela 4.6: Resultados da equipe 3	113
Tabela 4.7: Resultados da equipe 4	114

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Descrição
AFI	Arranjo Físico de Instalações
CEFETs	Centros Federais de Educação Tecnológica
CPS	Centro Paula Souza
Fatecs	Faculdades de Tecnologia
FCECF	Fundamentação, Conceituação, Estruturação, Construção e Finalização
GBL	<i>“Game-Based Learning”</i>
IES	Instituições de Ensino Superior
SLP	<i>“Systematic Layout Planning”</i>
TA-MJ	Teorias de Aprendizagem e Mecânicas dos Jogos
TG	Tecnologia de grupo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 USO DOS JOGOS DE TABULEIRO NO ENSINO DE TEMAS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO	19
1.2 OBJETIVO.....	23
1.2.1 Objetivo Geral.....	23
1.2.2 Objetivos Específicos	24
1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	24
1.4 JUSTIFICATIVA	25
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	25
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1 APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS (“GAME-BASED LEARNING – GBL”) 27	
2.2 JOGOS SÉRIOS (“SERIOUS GAMES”)	29
2.2.1 Design de jogos sérios - (“Serious Game Design”)	31
2.2.2 Design de jogos de tabuleiro (“Board Game Design”).....	35
2.2.2.1 O Design Iterativo	38
2.2.2.2 Método FCECF	38
2.3 ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES (“FACILITY LAYOUT”).....	40
2.3.1 Tipos de arranjo físico	44
2.3.1.1 Arranjo físico por produto ou arranjo físico em linha (<i>flow shop</i>).....	44
2.3.1.2 Arranjo físico de posição fixa (<i>Fixed-position layout</i>)	46
2.3.1.3 Arranjo físico por processos ou arranjo físico funcional (<i>Job shop</i>)	48
2.3.1.4 Arranjo físico celular ou arranjo físico baseado em tecnologia de grupo (<i>Group technology (GT)-based layout</i>)	50
2.3.1.5 Arranjo físico híbrido (<i>Hybrid layout</i>).....	53
2.3.2 Seleção do arranjo físico	53
2.3.3 Projeto de Arranjo Físico	55
2.3.3.1 Planejamento Sistemático do Arranjo Físico (<i>Systematic layout planning – SLP</i>)	55
3. METODOLOGIA.....	64
3.1 PESQUISA-AÇÃO	66
3.2 ETAPAS PARA CONDUÇÃO DO MÉTODO	69
3.2.1 O problema de pesquisa.....	69

3.2.2	O referencial teórico	69
3.2.3	Unidade de análise	70
3.2.4	Plano de resolução do problema	71
3.2.5	Implementação do jogo	71
3.2.6	Coleta de dados	71
3.2.6.1	Grupos Focais	72
3.2.6.2	Participantes.....	74
3.2.7	Análise dos dados	74
3.3	DISPOSIÇÕES SOBRE A ÉTICA NESTA PESQUISA	79
3.4	DESENVOLVIMENTO DO JOGO “AR→FI”.....	80
3.4.1	A Fundamentação	80
3.4.2	A Conceituação	84
3.4.3	Estruturação	85
3.4.3.1	O tabuleiro do jogo AR→FI	85
3.4.3.2	Os componentes do jogo AR→FI	86
3.4.3.3	Regras do Jogo AR→FI	88
3.4.4	Construção	89
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	90
4.1	TESTES DO JOGO	90
4.1.1	Primeiro Teste	90
4.1.2	Segundo Teste	93
4.1.3	Terceiro Teste	96
4.1.4	Quarto Teste.....	99
4.1.5	Quinto Teste.....	101
4.1.6	Questionário	104
4.2	ESTUDO DE CASO.....	110
5.	CONCLUSÃO.....	116
	REFERÊNCIAS	118
	APÊNDICE A – ROTEIRO DAS SESSÕES	124
	APÊNDICE B – ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO	125
	APÊNDICE C – REGRAS DO JOGO	134
	ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	137
	ANEXO B – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – Fatec de Itatiba	140
	ANEXO C – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – Fatec Jundiaí ...	141

1. INTRODUÇÃO

O cenário atual na educação do ensino superior é de profunda transformação. As instituições de ensino superior (IES) públicas e privadas atravessam um momento de preocupação com os níveis de evasão escolar e procuram se reinventar para superar o problema.

Especificamente no Ensino Superior Tecnológico público não é diferente. As Faculdades de Tecnologia (Fatecs) e os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) ainda sofrem com uma queda no número de matrículas de seus cursos presenciais, devido ao crescimento do ensino a distância (EAD), ofertado, principalmente, pela iniciativa privada e que, atualmente, representam mais de 46% das matrículas de todos os cursos tecnológicos oferecidos. Mesmo assim a procura pelos cursos tecnológicos teve um crescimento considerável de 119,4%, no número de ingressos nos últimos dez anos, por serem, principalmente, reconhecidos como cursos de rápida inserção no mercado de trabalho (BRASIL, 2017).

As taxas de evasão escolar no ensino superior se mantêm constantes, com pequenas variações, ao longo dos últimos 15 anos. No ensino tecnológico a média é de 41% ao ano, o que representa um enorme desperdício de recursos e tempo, acrescentando ainda um impacto de ordem social e econômica aos alunos que ficam mais distantes dos seus objetivos profissionais. A evasão leva às IES públicas maiores preocupações com a ociosidade, com a existência de deficiências de ordem acadêmica e com a efetividade do ensino (DETRREGIACHI FILHO, 2012; FILHO, 2017; LOBO, 2012).

Várias são as causas da evasão no ensino superior tecnológico. Muitas pesquisas apontam fatores internos das instituições, levantados pelos alunos como: desconhecimento da metodologia do curso, falta de conhecimento a respeito do curso escolhido, reprovações sucessivas, acúmulo de tarefas, ausência de laços afetivos com a instituição, organização curricular, didática dos professores, forma de avaliação e normas internas da instituição. E fatores externos como: problemas de ordem familiar, financeiro, dificuldades de conciliar trabalho com estudo, deficiência do ensino médio, falta de orientação vocacional, imaturidade, falta de perspectiva e muito tempo fora da escola (CARBONARI, 2017; DETREGIACHI FILHO, 2012; GUIMARÃES, 2012; PEIXOTO, 2018).

Dentre os fatores internos em que as IES Tecnológico têm possibilidades de interferir, destacam-se os fatores “falta de didática” e a “falta de conhecimento a respeito do curso”. Estes fatores são preocupações presentes nas Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional de Nível Tecnológico, onde descreve a necessidade de promover metodologias de ensino que superem o modelo conteudista, de forma a promover a redução efetiva da evasão e que desenvolvam no aluno além das competências técnicas, também as competências comportamentais, como: criatividade, análise crítica, capacidade para resolver problemas, comunicação interpessoal e autonomia intelectual. Além de orientados para valores éticos e de cidadania, num contexto democrático e de respeito a regras, em concordância com as tecnologias e as necessidades do mercado de trabalho (BRASIL, 2002).

No Estado de São Paulo, o Centro Paula Souza (CPS), criador e mantenedor das Fatecs, demonstra essa preocupação ao longo dos últimos anos, com a contínua oferta de debates, seminários e capacitação aos docentes quanto ao uso das metodologias ativas de aprendizagem. Por enquanto, não há um direcionamento para uma total transformação do modelo tradicional de ensino, cabendo as Fatecs e seus professores individualmente, a busca pela implementação de metodologias de ensino que criem situações de participação ativa dos estudantes no processo de ensino aprendizagem.

As metodologias ativas têm sua base pedagógica na abordagem da psicologia contemporânea, do construtivismo de Piaget e do sócioconstrutivismo desenvolvidos, inicialmente, na obra do psicólogo Lev Vygotsky. Por meio dessa concepção de ensino, o aluno passa de espectador para uma postura mais ativa, onde o conhecimento passa a não ser algo que possa ser somente transmitido pelo professor, mas também deve ser construído pelo aluno. Nessa metodologia o professor deve assumir um papel de facilitador e não mais conteudista, propondo técnicas de ensino que levem os alunos ao desenvolvimento de competências pessoais e profissionais, trabalhando de forma colaborativa na busca, elaboração e solução de problemas, utilizando para isto a interdisciplinaridade dos conteúdos (CAMARGO; DARUS, 2018).

Diversas são as técnicas para aprendizagem ativa. Entre as mais utilizadas estão: aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos,

sala de aula invertida, aprendizagem colaborativa, aprendizagem baseada em jogos etc.

A aprendizagem baseada em jogos está cada vez mais presente como ferramenta educacional. Por meio dos jogos sérios (“*serious games*”), digitais ou analógicos, estes últimos no formato de jogos de carta, jogos de papel e de tabuleiro, é possível trabalhar conteúdos educacionais por meio de várias mecânicas presentes nos jogos, motivando os alunos de forma lúdica a resolverem problemas e desafios, seguindo regras e objetivos, na procura de alcançarem os melhores resultados ou a vitória. Por meio dos jogos os alunos desenvolvem habilidades de trabalho em grupo, a superar desafios, a lidar com o fracasso e a procurar a autoaprendizagem (BACICH, LILIAN; MORAN, 2017; TASPINAR; SCHMIDT; SCHUHBAUER, 2016).

Os pesquisadores Justice e Ritzhaupt (2015) apresentam em seu estudo as barreiras e dificuldades que as instituições de ensino têm na implementação de jogos digitais, que vão desde a dificuldade de escolha até os custos de manutenção e de atualização de plataformas até a dificuldade para acompanhar os alunos e capacitar os docentes ao uso.

Os jogos não digitais, por outro lado, não possuem o visual dinâmico e interativo que a computação gráfica permite, mas vêm ganhando adeptos dos aficionados por videogames, principalmente pelo crescente número de jogos de tabuleiro modernos que apresentam uma complexidade e desempenho maior para os jogadores. Voltados ao mercado adulto os jogos de tabuleiro, competitivos ou cooperativos, atraem um público que procura resgatar a interação e socialização fora das tecnologias de comunicação. Esse mercado de jogos modernos de tabuleiro movimentou US\$ 9,6 bilhões em 2016 (GRAHAM, 2016).

Os jogos de tabuleiro também são utilizados em todos os níveis de educação, desde o clássico Jogo da Cerveja, em inglês “*Beer Game*”, criado na década de 1950 pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que simula o comportamento de uma cadeia de suprimentos de produção e distribuição de cerveja, e que ainda hoje é jogado no formato de tabuleiro, surpreende seus criadores pelo envolvimento dos alunos, do trabalho em equipe e do espírito de competição (DIZIKES, 2013).

Mesmo sendo jogos baratos e de simples elaboração, se comparados aos jogos computacionais, poucos foram os desenvolvimentos de jogos não digitais para o ensino de temas de engenharia de produção no Brasil (RUIZ; GIACAGLIA, 2017).

1.1 USO DOS JOGOS DE TABULEIRO NO ENSINO DE TEMAS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

No Quadro 1.1 estão representados somente os jogos desenvolvidos dentro de instituições de ensino nos últimos cinco anos.

Quadro 1.1 Jogos de Tabuleiro desenvolvidos nos últimos cinco anos

Jogo	Tema	Ano	
Jogo da Mobilidade	Simulação da escolha de modais de transporte	2013	(VOIGT et al., 2013)
SCMDESIGN - Desenvolvimento De Um <i>Serious Game</i> Para A Simulação De Gestão Da Cadeia De Suprimentos	Gestão Da Cadeia De Suprimentos	2014	(UHLMANN, 2014)
Logística Empresarial	Um jogo sobre os conceitos da logística	2017	(ROCHA; TRINDADE, 2017)
O Jogo Do Empreendedorismo	Empreendedorismo	2017	(FILHO; SCHRÖTER, 2017)
MATH GAME: uma estratégia lúdica para o ensino de cálculo diferencial e integral em cursos de engenharia	Ensino de Cálculo Diferencial e Integral	2018	(EVANGELISTA et al., 2018)

Fonte: o autor

O Jogo da Mobilidade (Figura 1.1) é um jogo de tabuleiro para escolha de modais de transporte de carga entre um Centro de Distribuição (CD) Cascavel-SC e o porto marítimo de Paranaguá e é baseado na mecânica “rolar e mover” onde a posição dos competidores é sorteada nos dados. No caminho dos modais que o jogo simula, o marítimo e o rodoviário, há diversos obstáculos característicos de cada modal em que o jogador na maioria das vezes é penalizado. O vencedor é o jogador que chegar primeiro no porto com os menores custos.

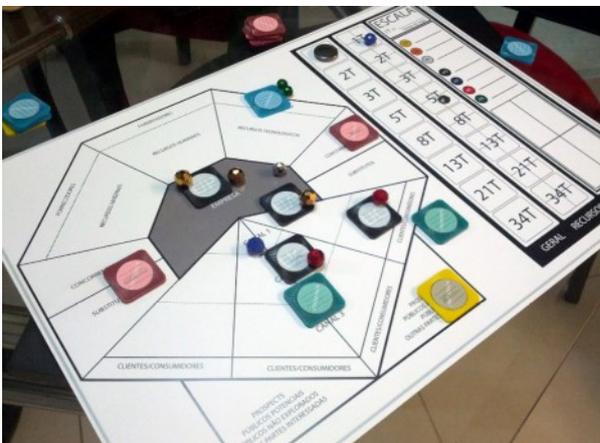
Figura 1.1: Tabuleiro do Jogo da Mobilidade



Fonte: VOIGT et al. (2013)

No jogo de tabuleiro SCMDESIGN (Figura 1.2) tem-se a mecânica de “*Role playing game*” no qual os jogadores devem incorporar personagens, e em uma história de ficção devem cumprir tarefas e missões. A proposta do jogo é simular as organizações dentro da cadeia de suprimentos nas áreas de fornecimento, produção e distribuição de produtos e serviços. Os jogadores representam papéis de gestores, ou funções específicas, em diversas áreas como: *marketing*, vendas, suprimentos, produção etc., e devem resolver, conforme habilidades e competências previamente estabelecidas, problemas de ordem estratégica, gerencial ou operacional.

Figura 1.2: Tabuleiro e componentes do Jogo SCMDESIGN



Fonte: Uhlmann (2014, p. 127)

O jogo Logística Empresarial (Figura 1.3) também é um jogo de corrida com a proposta de fixar conceitos relativos a logística empresarial, baseado numa

mecânica de “rolar e mover”, os jogadores em equipe competem numa corrida com pinos, onde para cada posição sorteada há uma carta que apresenta um desafio a ser resolvido, a equipe que resolver ganha a rodada e anda uma casa. Ganha a equipe que primeiro chegar ao final da corrida.

Figura 1.3: O Jogo da Logística Empresarial



Fonte: Rocha; Trindade (2017)

O jogo do empreendedorismo (Figura 1.4), desenvolvido para disciplina de empreendedorismo de um curso de engenharia de produção, é uma proposta para ensinar conceitos de empreendedorismo e desenvolvimento de um modelo de negócios. Baseado na mecânica de “rolar e mover” e cartas de “sorte ou azar”, cada jogador recebe uma proposta e deve desenvolver o melhor plano de negócios para ela, por meio da metodologia de modelo de negócio “Canvas”. Cada posição sorteada apresenta uma carta que pode prejudicar ou ajudar na construção do modelo do negócio, vencendo a partida os jogadores que tiverem a maior pontuação na soma das cartas.

Figura 1.4: Tabuleiro do Jogo do Empreendedorismo



Fonte: Filho; Schröter (2017)

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral a pesquisa procura explorar as possibilidades da utilização de jogos de tabuleiro como facilitador do aprendizado de conteúdos da disciplina de projeto de fábrica. O que se propõe é o desenvolvimento de um jogo de tabuleiro, chamado AR→FI, cujo nome representa as duas letras iniciais das palavras Arranjo Físico e a seta o Fluxo dos materiais entre os departamentos. Uma proposta para uma ferramenta lúdica de apoio ao ensino do tema “Arranjo Físico de Instalações”, uma área da Engenharia de Produção.

Motivada pela experiência profissional do pesquisador, o arranjo físico de instalações se assemelha com o brinquedo de montar figuras “quebra-cabeças”, onde o problema é posicionar máquinas e equipamentos nas posições corretas, de forma a se obter um fluxo contínuo de produtos, com os menores tempos de atravessamento e menores custos de transporte interno. Além de observar restrições do prédio, instalações e normas reguladoras.

Outra característica é o trabalho em equipe, a resolução de um arranjo físico sempre envolve diferentes profissionais, interesses de departamentos e até clientes e fornecedores. Por isso, o projeto de arranjo físico deve ser conduzido por profissional que tenha além das competências técnicas, também habilidades comportamentais, para lidar com as pressões dos prazos e responsabilidades, e habilidades sociais, como a facilidade nas relações interpessoais.

Estas características são muito complexas para os alunos assimilarem apenas com teorias, e impossível para o professor levar os alunos a visitar e participar de casos reais, o máximo seria observar um momento estático de uma ação que envolve diversas etapas de projeto, planejamento e execução. Assim a pesquisa procura responder o seguinte problema de pesquisa:

O jogo de tabuleiro, desenvolvido com os conceitos da metodologia de aprendizagem baseada em jogos, é uma ferramenta instrucional aceita pelos alunos da graduação tecnológica como suporte ao ensino e aprendizagem dos conceitos de arranjo físico de instalações?

Para elaborar as hipóteses se considerou a abordagem qualitativa que a pesquisa adota. Segundo Sampieri; Collado; Lucio , (2014, p. 382) “As hipóteses de trabalho qualitativas são gerais ou amplas, emergentes, flexíveis e contextuais, adaptam-se aos dados e às mudanças no decorrer da pesquisa”.

Este trabalho iniciou-se com duas hipóteses:

- O jogo de tabuleiro é uma ferramenta didática de apoio ao ensino da disciplina “projeto de fábrica”, embasado na teoria da aprendizagem baseada em jogos, que motiva, promove o trabalho em grupo e ajuda a fixar e compreender melhor os conceitos teóricos abordados no jogo;
- O jogo de tabuleiro é uma metodologia ativa de ensino e aprendizagem bem aceita pelos alunos.

1.2.2 **Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos podem ser elencados os seguintes:

- Desenvolver um jogo de tabuleiro que aborde os conceitos teóricos sobre tipos de arranjo físico de instalações e suas aplicações;
- Verificar a aceitação dos alunos pelo jogo como ferramenta instrucional;
- Analisar o envolvimento dos alunos com o jogo, a colaboração e motivação para resolver os problemas;
- Analisar as oportunidades e dificuldades com o uso da metodologia de aprendizagem baseada em jogos.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho de aplicabilidade no curso de tecnologia em gestão da produção limita-se dentro da ementa da disciplina de “projeto de fábrica” e aos conceitos referentes aos tipos de arranjo físico, suas aplicações e métodos de resolução. Com base nestes conceitos criou-se um jogo de tabuleiro onde os alunos podem representar um arranjo físico de máquinas em uma fábrica fictícia e verificar, por meio das mecânicas do jogo, os impactos e resultados da solução encontrada, em relação aos custos e atendimento das demandas de diferentes produtos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa parte também da necessidade do autor, que é professor da Fatec há mais de dez anos, e trabalhando concomitantemente na indústria na área de manufatura por mais de três décadas, e acompanha a crescente dificuldade dos alunos que provêm do ensino público, o impacto das tecnologias de comunicação com sua oferta infinita de informação, criando nos alunos dispersão e falta de foco. O imediatismo é também uma característica presente nas novas gerações, e que leva os alunos a desistência, por não visualizarem a aplicabilidade ou utilidade imediata do ensino. Mas uma característica presente nas últimas gerações é a convivência com os jogos, e que acompanham muitos até a fase adulta, não sendo estranho para os alunos a sua introdução também como ferramenta educacional.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este documento está organizado em sete capítulos, conforme descritos a seguir:

- O Capítulo 1 apresenta o contexto da pesquisa, o problema de pesquisa e as hipóteses. Também são apresentadas: uma pesquisa sobre jogos de tabuleiros educacionais desenvolvidos em instituições de ensino superior, a motivação para realizar a pesquisa, a sua delimitação e a justificativa.
- O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que envolve o problema de pesquisa, a Aprendizagem Baseada em Jogos; os jogos sérios e seu projeto, abordando principalmente a construção de jogos de tabuleiro; uma pesquisa do uso dos jogos de tabuleiro no ensino de engenharia de produção e, por fim, o tema do jogo e um tema da engenharia de produção o Arranjo Físico de Instalações.
- No Capítulo 3 é apresentada a metodologia, caracterizada como uma pesquisa qualitativa e como método a pesquisa-ação, também são apresentadas as etapas para a condução do método. Neste capítulo

também é apresentado o desenvolvimento do jogo AR→FI e as ligações com as metodologias de ensino e as mecânicas de jogos.

- No capítulo 4 se apresentam as fases de testes do jogo e se discutem os resultados das análises realizadas durante o jogo, e sua influência como ferramenta didática no ensino da disciplina.
- No Capítulo 5 tem-se a conclusão sobre as respostas encontradas para o problema de pesquisa e se os objetivos foram alcançados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos e teorias que dão suporte teórico a resolução do problema de pesquisa.

2.1 APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS (“*GAME-BASED LEARNING – GBL*”)

Há muitas definições sobre a o significado da palavra jogo, mas todas a descrevem como uma atividade com regras, onde pode haver um objetivo ou não como em “The Sims” e outros jogos eletrônicos de simulação de vida real, onde há necessidade de se tomar decisões ou não, como em jogos de pura sorte como o clássico cobras e escadas. Podem ser jogados individualmente ou em grupo, podem ser computacionais ou feitos de papel (BRATHWAITE; SCHREIBER, 2009).

Esta pesquisa se orienta pela definição de Carvalho (2015), que apresenta um jogo como um ambiente estruturado, que pode ou não representar a realidade, onde os jogadores devem desenvolver ações em uma mecânica definida respeitando regras para atingir um objetivo final, nele há a presença de fatores interativos e motivadores. Os jogos ainda podem possuir uma narrativa onde despertam nos jogadores, emoções, prazeres e engajamento para enfrentar desafios.

E resolver estes desafios é que os tornam divertidos, ou seja, lúdicos, da mesma forma podem ser utilizados como ferramenta para transmitir ensinamentos, além de poder se adaptar a múltiplos estilos de aprendizagem. Os jogos promovem a interação e as habilidades de resolução de problemas, por isso vem se tornando uma ferramenta de aplicação inevitável no processo de ensino e aprendizagem (NAIK, 2017).

Segundo Plass, Homer e Kinzer (2015), a utilização dos jogos como meio de aprendizagem apresenta uma interação de várias características de aspectos teóricos diferentes, como o motivacional, o cognitivo, o afetivo e o sociocultural. O uso dos jogos no ensino não é algo novo, mas sua importância e aplicação vêm crescendo, principalmente, com os jogos digitais. A abrangência de áreas (ciências sociais, engenharia, saúde etc.) seus conteúdos e diferentes estilos de jogos (digital,

cartas, tabuleiro etc.) não podem ser generalizados quanto à aplicação e resultados, um determinado tipo de jogo pode não ser adequado para outro determinado conteúdo.

A característica motivacional dos jogos, criada por inúmeros artifícios na mecânica do jogo, para premiar e incentivar os jogadores a continuarem jogando por longos períodos é uma das características mais apontadas para a eficácia dos jogos como meio de aprendizagem (LAMERAS et al., 2017). Este engajamento dos alunos a permanecerem, é apresentado sobre o aspecto cognitivo (processamento mental), o aspecto comportamental (postura e gestos) o aspecto afetivo (emoções) e o aspecto sociocultural (interações sociais em determinado contexto). Em um jogo o objetivo destes aspectos é levar o aluno a um processo cognitivo para aprendizagem efetiva.

A abordagem cognitiva é baseada em um processo de construção de modelos mentais, primeiro os alunos absorvem as informações iniciais do jogo, organizam estas informações visuais e verbais mentalmente e finalmente integram essas informações com seu conhecimento prévio.

A aprendizagem pode ser potencializada se for dentro de um contexto significativo, apresentando problemas e informações próximas das encontradas na realidade, onde o aluno recebe um novo conhecimento à medida que precisa para resolver um problema. Essa possibilidade que o jogo pode apresentar de levar o aluno a desenvolver habilidades e, posteriormente, externar este conhecimento em situações reais é um dos grandes desafios da educação (PLASS; HOMER; KINZER, 2015).

A característica afetiva na aprendizagem baseada em jogos considera a importância do envolvimento afetivo no jogo. As emoções como medo, ansiedade e felicidade etc. tem uma relação inseparável da cognição, podendo impactar fortemente na aprendizagem.

No contexto social a aprendizagem baseada em jogos permite o envolvimento dos alunos em uma dinâmica em que são exigidas a tomada de ações e decisões, às vezes em grupo de forma colaborativa ou individual. Os jogadores sabem que estão atuando em um cenário onde há observadores, haverá comentários e discussões após as partidas, estas interações sociais são o cerne da cultura criada pelos jogos.

E por meio desta perspectiva sociocultural é possível motivar a construção de uma aprendizagem efetiva, além de ir ao encontro da necessidade de desenvolvimento nos alunos das competências sociais necessárias para o desempenho profissional, como trabalhar em equipe, definir metas, busca por resultados pessoais ou coletivos.

Tang et al. (2009), em sua pesquisa sobre as vantagens pedagógicas do uso dos jogos no ensino, apresentam entre outras:

- cria um ambiente motivador para a abordagem de solução de problemas;
- *feedback* das ações, certas ou erradas durante o jogo, aumentam a compreensão e consolidam conhecimentos sobre os temas abordados;
- aumentam a retenção do conhecimento;
- desenvolvimento de habilidades cognitivas
- desenvolvimento de habilidades com as tecnologias de informação, no caso dos jogos digitais, necessárias no atual contexto profissional;
- promovem a aprendizagem colaborativa;
- desenvolvem habilidades sociais.

2.2 JOGOS SÉRIOS (“*SERIOUS GAMES*”)

Em sua extensa pesquisa sobre as origens dos jogos sérios Djaouti et al. (2011), com mais de 3000 jogos cadastrados (SERIOUS GAME CLASSIFICATION, 2018), apresentam a primeira aplicação de um jogo sério, desenvolvida pelo departamento de jogos de guerra dos Estados Unidos da América, o jogo HUTSPIEL em 1955, para simular os resultados de um conflito nuclear e em 1961 o jogo TEMPER, para simular o conflito da guerra fria em escala mundial. Djaouti et al. (2011 apud ABT, 1970, p. 9 tradução nossa), que trabalhou no desenvolvimento deste último, cunha em seu livro a definição para jogos sérios:

Os jogos podem ser jogados a sério ou casualmente. Estamos preocupados com jogos sérios, no sentido de que esses jogos têm um propósito educacional explícito e cuidadosamente pensado e não se destinam a serem jogados principalmente para diversão. Isso não significa que jogos sérios não sejam ou não devam ser divertidos (DJAOUTI et al., 2011 apud ABT, 1970, p. 9 tradução nossa).

Surge na década de 70 a introdução de jogos educativos em sala de aula como o “*Lemonade Stande*”, jogo de simulação de negócios em papel, e o vídeo game “*Oregon's Trail*” que tem como história a jornada de um peregrino na expansão territorial dos EUA. Djaouti et al. (2011) comentam sobre o jogo de tabuleiro sobre o ensino da política americana, que ainda hoje é jogado neste formato porque o autor acredita que somente com interações humanas se pode entender a complexidade das decisões políticas.

Houve um grande aumento entre os anos 80 e 2000, mas a maioria muito simplista, como exercícios de repetição e recompensa. Em 2001 primeiro ano dos estudos acadêmicos, com a publicação da primeira revista acadêmica sobre jogos e também dos jogos sérios. “*Game studies - The International Journal of Computer Game Research*” (WILKINSON, 2016).

Na pesquisa de DJAOUTI et al. (2011) somente em 2002 quando do desenvolvimento pelo exército dos Estados Unidos da América do jogo digital “*America's Army*” , para informar e incentivar o recrutamento e que conquistou o público, é que se considera o início dos jogos sérios e precursor do crescimento dos jogos sérios.

O autor Zyda (2005, p. 26), que participou do desenvolvimento do jogo “*America's Army*”, cunha sua definição para jogos sérios:

Jogo sério: um desafio mental, jogado com um computador de acordo com regras específicas, que utiliza entretenimento para promover os objetivos governamentais, corporativos de treinamento, educação, saúde, políticas públicas e comunicação estratégica (ZYDA, 2005, p. 26, tradução nossa).

Zyda (2005, p. 26, tradução nossa) completa: “Jogos sérios têm mais do que apenas história, arte e *software*... eles envolvem pedagogia: atividades que educam ou instruem, transmitindo assim conhecimento ou habilidade”. Os jogos sérios, a partir da década de 70, seguem esta definição, estendida também para os jogos não digitais.

Há uma predominância dos jogos digitais na literatura sobre jogos sérios, mas os jogos analógicos ou não-digitais apresentam muitas das mesmas características do *design* dos jogos digitais. Além de possuírem algumas vantagens como: não ficarem obsoletos pelo desenvolvimento das tecnologias, necessidade de uma interação presencial dos jogadores, menores custos de aquisição e as instituições

de ensino não necessitarem montar laboratórios com computadores para aplicar os jogos (DANCZ et al., 2017).

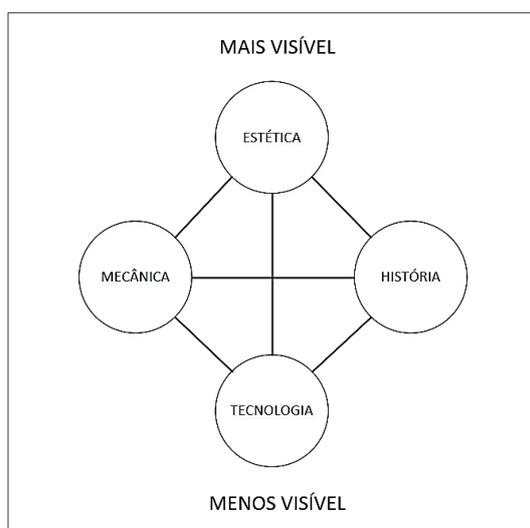
2.2.1 *Design de jogos sérios - (“Serious Game Design”)*

A palavra *design* é um anglicismo que traduzido significa: projeto, desenho, estudo, plano, entre outras. O termo está presente em diversas áreas da produção e do conhecimento humano, como: *design* de móveis, *design* de roupas, *design* industrial, *design* de automóveis etc., e representa a concepção e produção de algum objeto ou estudo, de forma a atender requisitos específicos da percepção humana e, ou, da interação humana com estes objetos.

No *design* de jogos não é diferente. As pessoas são a parte mais importante, muitas vezes negligenciadas, e que devem estar no centro do desenvolvimento dos jogos. Segundo a definição de Salen e Zimmerman (2012a, p. 57): “*Design* é o processo pelo qual um *designer* cria um contexto a ser encontrado por um participante, a partir do qual o significado emerge.”

Segundo Schell (2008), a maioria dos jogos é composta por uma tétrede de elementos fundamentais, ilustrada na Figura 2.1.

Figura 2.1: Tétrede de elementos dos jogos



Fonte: Schel (2008, p. 42 tradução nossa)

Cada elemento tem um papel muito importante na criação de uma experiência de jogo:

- Mecânica: na mecânica estão contidas as regras, objetivos do jogo, quantidade de jogadores, ou outros elementos que definem as condições do jogo. São as mecânicas que definem um jogo e o diferenciam de outra atividade qualquer de lazer. A tecnologia escolhida deve apoiar as mecânicas, bem como a estética e a história enfatizam e dão sentido as mecânicas.
- História: a história é uma sequência de eventos conectados de forma linear ou não, pré-definida ou criada durante o jogo, dos mais variados temas e objetivos. A história dá significado ao contexto do jogo e ajuda a criar experiências, ajudadas pelas mecânicas, estética e tecnologia.
- Estética: a estética define a aparência do jogo e é um elemento importante para estimular os sentidos e dar suporte a história. A estética é capaz de criar um clima que une a mecânica e tecnologia numa experiência mais agradável e cativante.
- Tecnologia: a tecnologia é qualquer recurso que suporte as mecânicas, onde a estética se apresente e a história possa ser contada. As tecnologias podem ser as mais diversas, desde lápis e papel até avançados recursos computacionais. A escolha correta das tecnologias empregadas impacta diretamente na experiência de jogar.

Todos os elementos são importantes e influenciam diretamente uns nos outros, mesmo que, segundo Schell (2008), o elemento estética seja mais visível para o jogador que a tecnologia, todos merecem atenção igual no desenvolvimento dos jogos.

O *design* de jogos sérios, diferente dos jogos feitos para entretenimento, devem englobar estratégias pedagógicas de ensino e avaliação, equilibrando recursos de diversão e aprendizado de forma a motivar e engajar os alunos em determinado tema acadêmico (LAMERAS et al., 2017).

Mas ainda poucos desenvolvimentos de jogos sérios apresentam uma preocupação com o posicionamento das teorias de aprendizagem em relação aos objetivos educacionais esperados. Segundo Wu et al. (2012, p. 1156, tradução nossa), de acordo com as quatro abordagens de teorias de aprendizagem, os jogos devem apresentar as seguintes características educacionais:

O ambiente do jogo deve integrar princípios de aprendizagem eficazes. O ambiente do jogo deve implicar a interação entre os alunos e o jogo. O jogo deve ser um meio para melhorar a aprendizagem. O jogo deve promover a motivação do aluno. O jogo deve ser divertido. O jogo deve oferecer oportunidades de aprendizado por meio de tentativa e erro Wu et al. (2012, p. 1156, tradução nossa).

Ainda são poucas as metodologias e ferramentas para o desenvolvimento e avaliação de jogos sérios. Um modelo proposto por Arnab et al. (2015) propõe identificar como os objetivos e práticas de aprendizagem estão relacionados com os elementos presentes nas mecânicas dos jogos. Este modelo de ligação das “Teorias de Aprendizagem” e “Mecânicas dos Jogos” (TA-MJ) (“*Learning Mechanics–Game Mechanics*” (LM-GM)) é um ferramenta útil para criar um mapa das inter-relações das diversas características pedagógicas e as mecânicas presentes no jogo, de forma que o *designer* possa identificar quais as melhores abordagens construtivas para determinado objetivo instrucional, bem como os instrutores poderem avaliar e implementar os jogos (ARNAB et al., 2015).

O modelo TA-MJ, Figura 2.2, é uma base para relacionar os componentes do jogo e os componentes educacionais, permitindo mapear o aprendizado e mecânica do jogo, no entanto podem estar presentes diferentes teorias de aprendizagem e mecânicas de jogo se relacionando de forma biunívoca ou não (PATINO; ROMERO; PROULX, 2016).

Figura 2.2: A relação entre Serious Games Mechanics (SGMs) e os padrões pedagógicos e de *design* de jogos de um jogo



Fonte: ARNAB et al. (2015, p. 395, tradução nossa)

Pode-se verificar nos exemplos apresentados no Quadro 2.1 como se relacionam as TA-MJ.

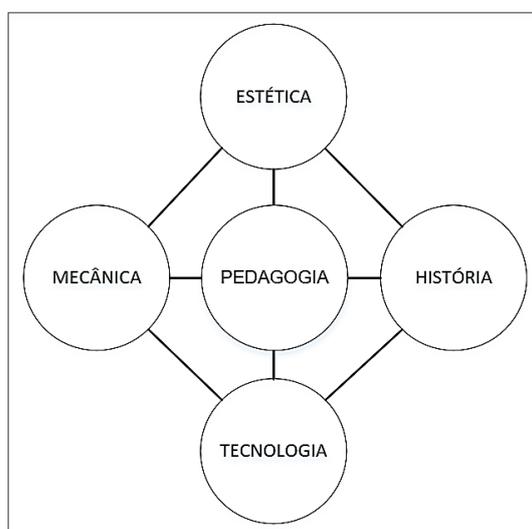
Quadro 2.1: Relacionamento Mecânica dos Jogos X Abordagens Pedagógicas.

Mecânica dos Jogos (MJ)	Teorias de Aprendizagem (TA)
Ação / Tarefa - nesta mecânica o jogador deve realizar missões ou tarefas para obter recompensas"	Construtivismo Aprendizagem Baseada em Problemas
Ação / Tarefa - em alguns jogos há uma exigência de haver colaboração entre os jogadores para cumprir as tarefas."	Construtivismo Aprendizagem Colaborativa
Capture / elimine - esta mecânica, comum em jogos de ação e guerra, onde a obtenção de pontos se dá pela captura de oponentes, recursos ou outro tipo de pontuador. A vitória está ligada ao planejamento e estratégia das ações dos jogadores.	Construtivismo Aprendizagem Baseada em Problemas
Capture / Elimine - o fato de obter pontos e capturar ou eliminar contadores representa também uma recompensa das ações dos jogadores.	Behaviorismo
Concorrência - pode haver entre jogadores ou equipes de jogadores colaboração para competir com outros jogadores ou equipes. Em jogos sérios nem sempre há uma competição.	Construtivismo Aprendizagem Colaborativa
Design / edição - Esta mecânica de jogo permite o jogador modificar objetos, cenários ou componentes do jogo. Também, adicionando ou removendo componentes do jogo.	Construtivismo Aprendizagem Construtivista
Efeitos protegidos - nesta mecânica um jogador assume o papel de mestre e tem que ensinar suas habilidades a outro jogador no papel de aprendiz, neste contexto, ensinar melhora o próprio aprendizado do jogador mestre	Aprendizagem Cognitiva
Gestão de recursos - esta mecânica apresenta o desafio dos jogadores administrarem diferentes recursos em transações, procurando a melhor decisão sobre valores ou restrições como o tempo. Mecânica semelhante: Mercadorias / Informação e Pontos de Ação.	Construtivismo Aprendizagem Baseada em Problemas
Imitação - que implica modelagem, observação e imitação	Behaviorismo Teoria do Aprendizado Social
Imitação - um outro conhecedor é imitado pelo jogador."	Aprendizagem Cognitiva
Instrucional - baseia-se no processo "em que um facilitador ou professor fornece apoio ao aluno dentro de um assunto. Os objetivos específicos de aprendizagem são seguidos sequencialmente.	Behaviorismo
Observação - essa mecânica de aprendizado é baseada na ideia de que a aprendizagem ocorre em função de observar, reter e replicar o comportamento dos outros	Behaviorismo Teoria do Aprendizado Social
Plano - uma mecânica de aprendizagem associada ao teste de hipóteses que pode ser usado para apoiar a aprendizagem baseada em problemas em contextos de jogo em que o jogador tem que criar uma estratégia para resolver um problema."	Construtivismo Aprendizagem Baseada em Problemas
Simulação - quando a simulação inclui também um princípio de "causa e efeito" na tomada de decisões.	Behaviorismo
Simulação - quando a simulação inclui também um princípio de "causa e efeito" na tomada de decisões, ela também pode estar relacionada à instrução programada	Construtivismo Aprendizagem Construtivista

Fonte: Adaptado de (PATINO; ROMERO; PROULX, 2016)

Kalmpourtzis (2018) propõe que não somente as mecânicas do jogo devem se relacionar com as teorias e abordagens pedagógicas, mas todos os elementos têm papéis importantes em criar as experiências de aprendizagem intrinsecamente motivadoras. Adaptando o modelo de Schell, com a introdução do elemento pedagógico (Figura 2.3). Este quinto elemento adequa o modelo para criar experiências de aprendizagem baseado em jogos. E da mesma forma, o *designer* de jogos educativos deve procurar equilibrar agora todos estes elementos de forma a criar experiências cativantes, motivadoras e que façam as pessoas adquirirem novos conhecimentos. Uma tarefa complexa e desafiadora, mas os jogos são uma ferramenta que contém muitos elementos das teorias de aprendizagem, portanto cabe ao *designer* identificar como os elementos fundamentais dos jogos se relacionam com estas teorias.

Figura 2.3: Cinco elementos dos jogos educativos



Fonte: Adaptado de Kalmpourtzis (2018, p. 142)

2.2.2 *Design* de jogos de tabuleiro (“*Board Game Design*”)

Como apresentado, os jogos de tabuleiro têm uma presença constante ao longo da evolução dos jogos sérios. Isto se deve as características deste tipo de jogo que os tornam favoráveis à sua utilização na educação, formação e treinamento.

Os jogos de tabuleiro podem ser criados para determinados objetivos educacionais, mas também os educadores podem modificar jogos comerciais existentes, alterando regras, componentes etc., para utilizá-los para abordar temas

específicos ou simplesmente utilizá-los na sua forma original. A tecnologia para desenvolvê-los é simples, e com uma curva de aprendizagem muito menor do que desenvolver jogos digitais. Estes últimos podem apresentar um visual muito mais elaborado e representar sistemas muito mais complexos, mas, precisam de *hardware*, *software*, instalações e as vezes acesso à internet. Estas são barreiras que muitos educadores não conseguem vencer ou mesmo se intimidam para implementá-los.

Castronova e Knowles (2015) apresentam algumas razões para utilizar, modificar ou criar jogos sérios no formato de jogo de tabuleiro:

- Pequeno investimento para desenvolver algumas unidades. As vezes poucas unidades são necessárias para abordar algum tema para um grupo de alunos;
- É possível utilizá-los para explicar ou apresentar problemas de sistemas complexos, os jogos de maneira geral sintetizam grandes sistemas complexos, porém nos jogos analógicos essa representação talvez seja mais difícil;
- Os jogos de tabuleiro comerciais evoluíram muito nos últimos 40 anos e é possível encontrar praticamente qualquer tema e seus sistemas representados em diversos níveis de complexidade;
- Os jogos de tabuleiro, ao contrário dos jogos digitais, têm um conjunto claro de regras que os jogadores assumem porque estão dispostos a segui-las, e ainda podem ser modificadas e adaptadas para direcionar para habilidades acadêmicas específicas;
- Ao contrário da experiência de um jogo digital, onde a interação ocorre entre jogador e computador, os jogos de tabuleiro exigem uma constante interação social, motivo este que o fez ressurgir depois do domínio dos jogos digitais. Os jogadores devem analisar e responder as estratégias dos outros jogadores, aprendem com os outros jogadores e, às vezes, de forma colaborativa devem resolver problemas;
- Muitos dos jogos de tabuleiro apresentam mecânicas que misturam estratégia e sorte, isto é fundamental para desenvolver habilidades de planejamento de ações e a prever resultados.

Segundo Wonica (2017) o ressurgimento dos jogos de tabuleiro traz novas oportunidades, para experiências de aprendizagem e possibilidades de novas pesquisas, sobre como os jogos proporcionam experiências transformadoras. Por apresentarem características únicas, que se apresentam como vantagens em relação aos jogos computacionais, como: portabilidade, custo x benefício e acessibilidade, se tornam ferramentas importantes para educar e ajudar a esclarecer problemas complexos da vida real: problemas sociais, econômicos e ambientais.

Há muitos pesquisadores e *designers* de jogos sérios trabalhando no desenvolvimento de jogos educacionais, mas também se encontram jogos desenvolvidos por educadores sem uma formação específica em *design* de jogos, aqui tem-se outra característica importante dos jogos não digitais, a possibilidade de criar jogos utilizando mecânicas de outros jogos, comerciais ou não, educacionais ou não. Adaptando a jogabilidade e os temas de acordo com as necessidades instrucionais. É muito mais fácil para um professor desenvolver um jogo analógico, tendo como referencial outros jogos, do que aprender *design* de jogos digitais e ferramentas computacionais para desenvolvimento de jogos sérios digitais. Mas Wonica (2017, tradução nossa) alerta:

No entanto, para todas as oportunidades de *design* oferecidas pelos jogos analógicos, é importante garantir que os educadores e facilitadores, ao desenvolver jogos para a sala de aula, estejam usando uma estrutura que tenha sido avaliada por seus potenciais educacionais (Wonica, 2017, tradução nossa).

Encontram-se muitas pesquisas sobre *design* de jogos sérios e muitas propostas de métodos para desenvolvimento de jogos digitais, mas ainda são escassos os modelos para os jogos não digitais. Na pesquisa de Oliveira et al. (2018) várias são as propostas de estruturas para desenvolver e analisar os jogos sérios, mas somente o “*Design, Play and Experience (DPE) framework*”, apresenta o jogo de tabuleiro como uma ferramenta para testes do jogo durante a fase de testes de desenvolvimento do jogo digital.

A utilização de estruturas (“*framework*”) reduz tempo e o custo do desenvolvimento dos jogos, neles estão representados desde modelos conceituais até codificações de *software* já utilizadas com sucesso em outros desenvolvimentos semelhantes, no desenvolvimento dos jogos sérios os “*frameworks*” devem considerar os elementos pedagógicos e de jogabilidade (OLIVEIRA et al., 2018).

Neste trabalho para o desenvolvimento do jogo foi utilizado o método iterativo FCECF (Fundamentação, Conceituação, Estruturação, Construção e Finalização) desenvolvido por Pereira, Fragoso (2016). Trata-se de um método composto, uma estrutura conceitual, onde estão combinados e adaptados, para o uso em desenvolvimento de jogos analógicos, alguns dos principais métodos para desenvolvimento de jogos digitais e o *Design* Iterativo.

2.2.2.1 O *Design* Iterativo

O *Design* Iterativo é um processo no qual as decisões de *design* do jogo acontecem com as experiências de jogar o próprio jogo, de acordo com Salen e Zimmerman (2012a, p. 27):

O *design* iterativo é um processo de *design* baseado na interação lúdica (“*play-based design process*”). Enfatizando o “*playtesting*” (testes de jogabilidade) e a prototipagem, o *design* iterativo é um método em que as decisões de *design* são tomadas como base na experiência de jogar um jogo durante seu desenvolvimento. Em uma metodologia iterativa, uma versão rudimentar do jogo é rapidamente prototipada logo no início do processo de *design*. Esse protótipo não tem nenhum dos benefícios estéticos do jogo final, mas começa a definir suas regras fundamentais e mecanismos centrais. Não é um protótipo visual, mas interativo. Esse protótipo é jogado, avaliado ajustado e novamente jogado, permitindo que o *designer* ou equipe de *design* fundamente decisões sobre as sucessivas iterações ou versões do jogo. O *design* iterativo é um processo cíclico que se alterna entre protótipos, testes, avaliação e refinamento (Salen e Zimmerman, (2012a, p. 27).

2.2.2.2 Método FCECF

O método FCECF, aplica-se para o desenvolvimento individual de um projeto, ou para uma pequena equipe, pois não apresenta todas os aspectos de gerenciamento de grandes projetos. Na Figura 2.4 estão representadas as fases sequenciais do método.

Figura 2.4: Fases do modelo FCECF



Fonte: Pereira; Fragoso (2016, p. 483)

Na fase fundamentação é realizado a pesquisa e levantamento de dados dos diversos aspectos necessários para o desenvolvimento do jogo, documenta-se, por exemplo: qual o público alvo, se existe jogos semelhantes, as mecânicas apropriadas ao tema, tempo de desenvolvimento, custos etc. É uma fase importante de pesquisa, aprendizagem e planejamento.

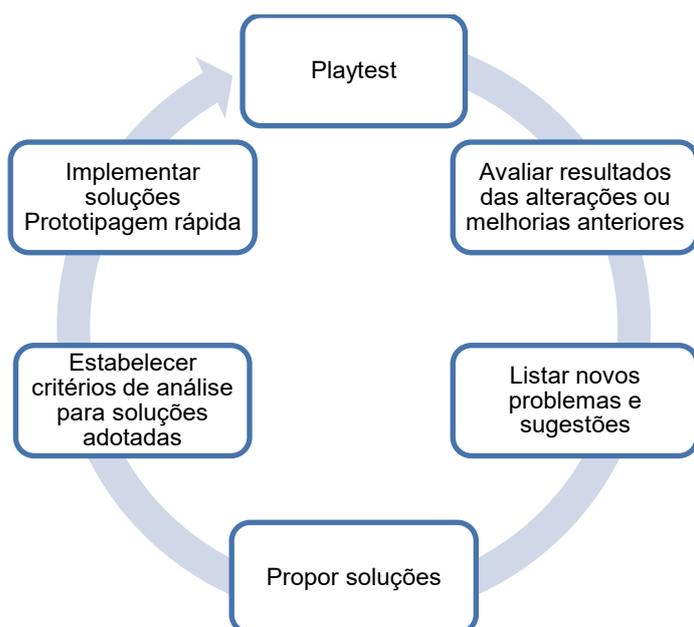
A fase de Conceituação, após se construir na fase anterior um documento com as intenções do projeto o “*briefing*”, é uma fase de definição do escopo, no entanto não tem uma característica de se pretender que seja imutável, mas permitir correções e ajustes durante o desenvolvimento, adequando-se ao *design* iterativo. Nesta fase é importante apresentar as premissas e restrições necessárias a uma delimitação do escopo, como: tempo de duração, número de jogadores, tipo de jogo, tema, permitindo o projeto seguir para a fase seguinte.

A terceira fase a Estruturação é o início da construção do jogo, atendendo as definições das fases anteriores e com o suporte de ferramentas para geração de ideias como “*brainstorming*” e mapas mentais, são desenvolvidas propostas iniciais do jogo, definindo as regras iniciais, possíveis mecânicas, condições de vitória, componentes, tabuleiro etc. É uma fase de *design* iterativo, onde primeiro se realizam testes de jogabilidade e se validam as regras iniciais por meio de “*self-testing*”, ou seja, o projetista testa sozinho, ou em pequena equipe, as propostas iniciais do jogo.

A fase de Construção do método é que consome mais tempo e a aplicação do *design* iterativo é o foco para aperfeiçoamento das propostas iniciais. Por meio das sessões de testes do jogo (“*playtest*”) se aperfeiçoam, corrigem e se necessário volta-se a fases anteriores a fim de se construir um protótipo final do jogo. O método FCECF apresenta um ciclo iterativo composto de seis etapas, Figura 2.5.

A quantidade necessária de ciclos iterativos para o desenvolvimento final do jogo está relacionada com a complexidade do jogo e ao retorno oferecido (“*feedback*”) pelas pessoas selecionadas para participarem das sessões de *playtest*. O aprimoramento do jogo se constrói com contribuições vindas de públicos diferentes, inicialmente os protótipos são testados pela própria equipe de desenvolvimento (“*self-testing*”), por amigos e conhecidos, por pessoas acostumadas a jogar jogos similares e que gostam de jogar e experimentar novos jogos (“*expert gamers*”) e, por último, o público que não conhece a proposta do jogo (“*tissue testers*”).

Figura 2.5: Modelo de ciclo iterativo



Fonte: Adaptado de Pereira; Fragoso (2016, p. 484)

Cada grupo de pessoas tem uma visão diferente do jogo, e por isso, questões óbvias para os projetistas podem não ser tão claras para determinado grupo de jogadores, que vão desde o entendimento do manual de regras até a influência das características físicas de componentes e do *design* gráfico na dinâmica do jogo.

Depois desta longa fase de Construção, e com o protótipo final aprovado se parte para a fase de Finalização, nesta fase a preocupação é desenvolver a forma de produção e distribuição do jogo.

2.3 ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES (“FACILITY LAYOUT”)

O arranjo físico de instalações (AFI), ou *layout* de instalações (do inglês “*facility layout*”), de uma operação ou processo determina a sua aparência, ou seja, como estão alocados fisicamente seus recursos transformadores e como estão dispostas as suas instalações. O AFI determina também como fluem pela operação os produtos, pessoas ou serviços, e devem dar suporte a estratégia de operação adotada pela empresa (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

Planejar um AFI envolve decisões de como devem ser dispostos fisicamente os recursos transformadores em uma operação, que podem ser máquinas, pessoas,

equipamentos, equipamentos de armazenagem e movimentação etc. As definições de AFI estão presentes em operação de serviços, como: restaurantes, hotéis, hospitais ou na fabricação de produtos em indústrias de transformação e manufatura. O AFI influencia diretamente no fluxo de materiais e pessoas entre os diversos processos de uma operação, portanto estão diretamente ligados aos resultados da operação. O planejamento do AFI dos processos dentro da operação impacta diretamente nos custos de movimentação e armazenagem, custos de produção e a produtividade de máquinas e pessoas (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Nas operações de serviços há preocupações com o AFI que incluem atender as necessidades e expectativas específicas dos clientes, pois estes ao contrário dos processos de manufatura de produtos podem ter um contato direto com a operação ou até serem parte dela, por exemplo: em bancos, restaurantes, hotéis, lojas, escritórios etc., há preocupações quanto ao AFI sobre a estética, luxo e conforto das instalações, que muitas vezes são percebidas pelos clientes como reflexo da estrutura da organização e influenciam nas suas relações comerciais.

No entanto, não pode ser desprezado que, mesmo nas instalações de manufatura, os relacionamentos entre os diferentes departamentos, internos e externos, atendem a clientes internos e externos, e não é raro encontrar ambientes de recepção, escritórios e restaurantes com preocupações de AFI que priorizem ambientes agradáveis, amplos, com conforto térmico, com luminosidade natural e até uma preocupação estética em sintonia com imagem organizacional, mas tais preocupações não são prioridades em seus ambientes de fabricação (HERAGU, 2016).

Esta pesquisa é focada nas operações de manufatura e nos processos de fabricação de produtos, devido às diferenças entre as estruturas dos processos de serviço e fabricação e por estar mais alinhado com a proposta do curso onde será aplicado o jogo.

Os projetistas se deparam com problemas de AFI quando há necessidade de implementar um novo processo ou serviço, nas expansões e alterações de áreas, quando há alteração do fluxos dos processos devido a mudanças nos produtos ou quando é necessário implementar uma nova estratégia da operação, ainda segundo Corrêa e Corrêa, (2012, p. 407):

O objetivo primordial das decisões sobre arranjo físico é, acima de tudo, apoiar a estratégia competitiva da operação, significando isso que deve haver um alinhamento entre as características do arranjo físico escolhido e as prioridades competitivas da organização quando é necessário implementar uma nova estratégia da operação, ainda segundo (Corrêa; Corrêa, 2012, p. 407).

Uma estratégia competitiva de operações compreende as competências que uma empresa precisa desenvolver para superar seus concorrentes no atendimento dos fatores competitivos, que definem as exigências dos seus clientes externos e internos. Estes fatores competitivos para serem atendidos criam os objetivos de desempenho que a organização deve atender nos seus processos, conforme figura 2.6. No entanto não há um AFI que atenda todos os objetivos de desempenho simultaneamente, mas um bom projeto de AFI pode afetar os níveis de eficiência e eficácia das operações, eliminando atividades que não agregam valor e enfatizando atividades que agreguem valor para os clientes externos e internos (CORRÊA; CORRÊA, 2012; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Figura 2.6: Objetivos de desempenho da operação para atender os clientes



Fonte: Adaptado de (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015)

Segundo Corrêa, Corrêa e Heragu, (2012; 2016), os AFIs devem:

- Minimizar os custos de transporte de matérias primas e produtos acabados entre os diversos departamentos;
- Ser seguras e preventivas quanto aos riscos de acidentes na operação;
- Atender as exigências e normas legais da operação, segurança do trabalho e ergonomia;
- Oferecer meio ambiente adequado à operação;
- Facilitar o fluxo de informações e comunicação entre pessoas envolvidas na operação;
- Maximizar a utilização da área, principalmente no AFI de armazéns e depósitos;
- Adequar ou prever a correta seleção de sistemas de movimentação e manuseio de materiais;
- Definir as áreas, portas, docas e corredores de modo a obter um fluxo livre nas operações de recebimento e expedição;
- Facilitar a manutenção de equipamentos e máquinas;

Tompkins et al. (2013) acrescentam que nos dias atuais o projeto do AFI de uma organização deve estar alinhado com a cadeia de suprimento da qual faz parte, e para obter excelência nesta cadeia, todos os departamentos internos (compras, produção, transporte, armazenagem e vendas), como elos de uma corrente, devem procurar a excelência individual, eliminando problemas de comunicação e visibilidade dos papéis internos entre todos os departamentos e desta forma conscientizam-se do resultado de cada elo sobre a cadeia, fazendo a organização inteira agir em síntese num fluxo contínuo.

Mas para atingir a excelência na cadeia de suprimentos as organizações ainda devem buscar promover a colaboração e velocidade, a primeira representada pelo comprometimento de todos os elos em satisfazer as necessidades dos clientes internos e externos, e a velocidade que está presente nos negócios atuais, devido a facilidade das tecnologias de comunicação e a necessidade de atender as demandas de mercado cada vez mais imediatistas.

Portanto é fundamental a preocupação das organizações com o projeto de suas instalações, como componentes críticos para atenderem as necessidades dos

seus parceiros na cadeia, garantindo um fluxo contínuo nas operações de comprar → produzir → transportar → armazenar → vender, maximizando a satisfação dos clientes. Tompkins et al. (2013, p. 4) apresentam as características que todas as instalações da cadeia devem apresentar:

- Flexibilidade, as instalações flexíveis são capazes de lidar com vários requisitos sem sofrer alterações.
- Modularidade, as instalações modulares são aquelas com sistemas que cooperam de maneira eficiente em um intervalo amplo de taxas de operação.
- Capacidade de atualização, as instalações atualizadas facilmente incorporam avanços em sistemas de equipamentos e tecnologias.
- Adaptabilidade, isso significa levar em consideração as implicações dos calendários, ciclos e picos de uso das instalações.
- Operabilidade seletiva, isso significa compreender como cada segmento da instalação opera, permitindo a implementação de planos de contingência.
- Atitude favorável ao meio ambiente e à energia, isso envolve a adoção do processo de liderança em projeto de energia e meio ambiente (Leadership in Energy and Environmental *design* - Leed)¹. Uma abordagem completa para a sustentabilidade reconhece o desempenho em cinco áreas fundamentais da saúde humana e ambiental: desenvolvimento sustentável da planta, economia de água, eficiência energética, escolha dos materiais e qualidade ambiental interna. (Tompkins et al., 2013, p. 4).

2.3.1 Tipos de arranjo físico

O AFI deve, geralmente, minimizar a extensão do fluxo de materiais e produtos ao longo dos processos da operação e deve ser claro para todos envolvidos. O fluxo está relacionado diretamente com o tipo de processo de manufatura e aos volumes e variedades produzidos (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015). Cinco tipos gerais de AFI serão apresentados, a seguir.

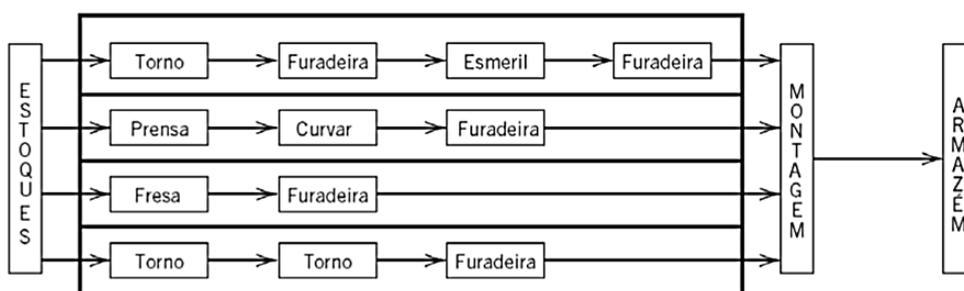
2.3.1.1 Arranjo físico por produto ou arranjo físico em linha (*flow shop*)

O arranjo físico por produto é utilizado quando há um grande volume de produção de um produto ou produtos semelhantes, neste tipo de arranjo as máquinas ou estações de trabalho estão dispostas ao longo de uma rota, que os produtos vão percorrendo através dos processos e operações colocados na mesma

¹ Leed é uma certificação internacionalmente reconhecida para instalações verdes ou sustentáveis. (N.R.T.)

sequência de seu roteiro de fabricação ou montagem, Figura 2.7. Caracterizado por arranjos em linha reta, o que nem sempre é o ideal ou possível, devido as interferências do edifício, tomando outros formatos como “L”, “U”, ou “S”, comumente chamados também de linhas de produção, quando as operações são realizadas em máquinas, ou linhas de montagem, quando há operações manuais de fabricação ou montagem de produtos. Linhas de montagem de automóveis, linha de montagens de produtos eletrônicos são exemplos deste tipo de aplicação (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2015).

Figura 2.7: Arranjo físico por produto



Fonte: Tompkins et al. (2013, p. 89)

O arranjo físico por produto requer equipamentos e máquinas especializadas alocadas em departamentos dedicados a fabricação de determinados produtos, com muito ou nenhuma variação entre eles, por longos períodos. A alteração do produto ou introdução de um novo pode representar longos períodos de interrupção para adequação do arranjo físico bem como representar altos custos, esta falta de flexibilidade é compensada pela alta eficiência deste tipo de arranjo físico, pois apresentam menores tempos de processamento, menores estoques em processo, menor movimentação e manipulação dos produtos (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Em muitos casos os produtos passam pelas operações uma peça por vez (*one-piece-flow*), em um ritmo pré-estabelecido, agregando valor continuamente ao produto que se desloca de estação em estação, quase sempre sem formar filas a espera de processamento. Isto é facilmente observado em linhas de montagem manual e vai se tornando mais contínuo até chegar-se aos processos contínuos de fabricação, como usinas de produtos químicos, petroquímicos e outros onde é impossível separar os produtos entre as diversas operações de transformação (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Conforme Neumann; Scalice (2015), no projeto do arranjo físico por produto a determinação da localização das operações ou estações de trabalho é determinada pela sequência de operações que o produto deve passar, na ordem de seu roteiro de fabricação ou montagem. Tipicamente, se tem um operador ou equipamento trabalhando em cada estação executando um número determinado de tarefas repetitivas, o desafio é conseguir distribuir a quantidade de tarefas e determinar o número de operadores ou máquinas para que cada estação tenha o mesmo tempo de processamento. Esta operação é chamada de balanceamento de linha. No Quadro 2.2 podem ser visualizadas as vantagens e desvantagens deste tipo de AFI.

Quadro 2.2: Vantagens e desvantagens do arranjo físico por produto

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Altas taxas de produção (grande capacidade de produção)	Alto valor de investimento em máquinas e equipamentos
Baixos custos unitários para altos volumes de produção	grande risco de reprojeto do <i>layout</i> para produtos com vida útil curta ou incerta
alto grau de automação e baixo nível de perdas com transportes, normalmente automatizadas	supervisão geral é requerida
menor tempo perdido em <i>setups</i> e transporte de materiais e clientes (baixo tempo de espera entre operações)	baixa flexibilidade para a incorporação de mudanças nos produtos ou processos
menor quantidade de estoque intermediário (menor custos de estocagem)	baixa utilização dos recursos para produtos com baixo volume
simplificação do controle da produção	paradas de máquinas para a linha (sistema não é robusto)
operações muito simplificadas, que permitem a utilização de mão de obra pouco qualificada (barata)	tarefas repetitivas para os operários gerando efeitos colaterais graves em termos de aborrecimento dos operários e de absentismo
uso mais efetivo da mão de obra	é muito importante que a linha esteja bem balanceada
dá oportunidade para especialização de equipamento	necessidades de reprojeto frequentes para produtos com vida curta ou incerta

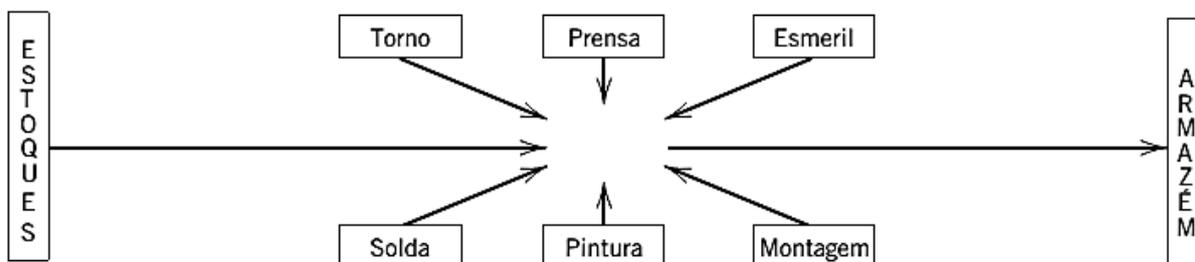
Fonte: Neumann; Scalice (2015, p. 225)

2.3.1.2 Arranjo físico de posição fixa (*Fixed-position layout*)

Neste tipo de AFI o produto não se desloca por estações de trabalho por apresentar características físicas que impediriam ou tornariam muito custosa ou até mesmo insegura sua movimentação, ou como única forma possível de se produzir. Neste tipo de AFI são os recursos, materiais, pessoas, máquinas e equipamentos é que se deslocam até o produto, Figura 2.8. Encontram-se os exemplos de aplicação deste tipo de AFI na construção civil, na construção de navios e aviões de grande porte etc. Segundo Corrêa e Corrêa (2012) este tipo de arranjo apresenta uma baixa

eficiência, razão pelo que as organizações que o adotam terceirizam etapas do processo a empresas especializadas, como forma de redução de custos. Mas empresas que tem este tipo AFI ofertam produtos customizados ou atendem a projetos específicos de produtos de alto valor agregado.

Figura 2.8: Arranjo físico de posição fixa



Fonte: Tompkins et al. (2013, p. 89)

A produção neste tipo de AFI apresenta altos custos em relação a movimentação de equipamentos e mão de obra, que devem ser disponibilizados a medida que o produto evolui, e a ociosidade de máquinas e equipamentos que ficam alocados junto ao produto aguardando sua utilização nas etapas do processo, como guindastes, equipamentos de solda etc (NEUMANN; SCALICE, 2015).

As principais vantagens e desvantagens deste tipo de AFI podem ser visualizadas no Quadro 2.3.

Quadro 2.3: Vantagens e desvantagens do arranjo físico de posição fixa

VANTAGENS	DESvantagens
melhor planejamento e controle do trabalho, dado que tudo está orientado para um único objetivo	programação do espaço ou atividade pode ser complexa
alta flexibilidade de mix de produtos e processos	grande necessidade de supervisão
alta variedade de tarefas para a mão de obra	grande movimentação de equipamentos e mão de obra especializada, gerando custos elevados
permite enriquecimento de tarefas	falta de estruturas de apoio, tais como energia elétrica e água
favorece trabalho em times	posicionamento de equipamento e pessoas pode ser inseguro, não ergonômico ou pouco prático
centros de trabalho quase autônomos: rapidez	requer maior qualificação do pessoal
pequena movimentação de materiais, que são disponibilizados próximo ao produto	baixa utilização de equipamento gerando custos elevados
Promove o orgulho e a qualidade, já que um indivíduo consegue concluir o “trabalho inteiro”	pode resultar em duplicação de equipamentos

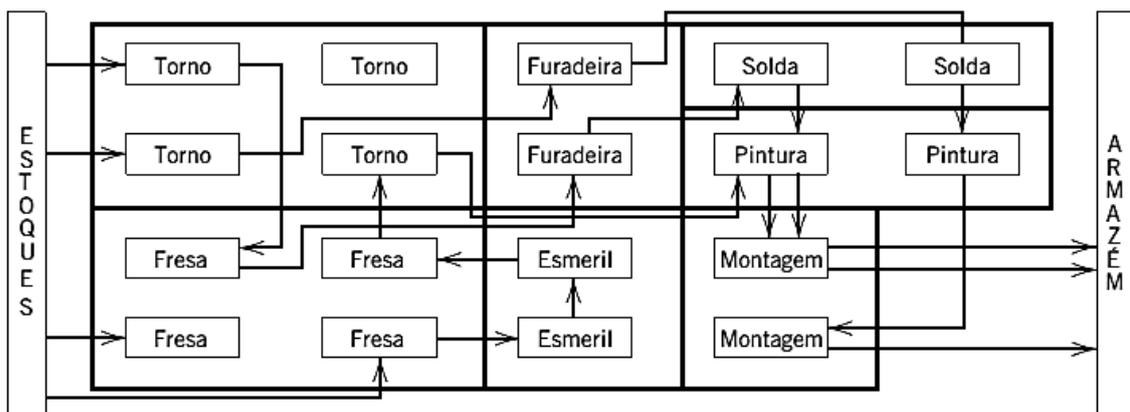
Fonte: Adaptado de Neumann; Scalice, Tompkins et al. (2015, p. 224; 2013, p. 90)

2.3.1.3 Arranjo físico por processos ou arranjo físico funcional (*Job shop*)

No arranjo físico por processos as máquinas e equipamentos semelhantes, que executam as mesmas tarefas, são alocados em setores ou departamentos especializados, agrupam-se, por exemplo, em setores por função: setor de tornos, setor de fresadoras, setor de prensas, setor de pintura, setor de montagem etc. Este arranjo físico possibilita o atendimento de diferentes produtos de diferentes clientes de forma intermitente. (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Observando a figura 2.9 nota-se que neste tipo de arranjo os diferentes produtos caminham por fluxos diferentes passando somente pelos setores necessários a sua execução, isto torna este tipo de AFI bem flexível quanto a diferentes tipos e demandas de produtos, mas em contrapartida muitos fluxos diferentes podem levar a uma perda de eficiência pela distância que tem que percorrer e pelo tempo de atravessamento (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

Figura 2.9: Arranjo físico por processos



Fonte: Tompkins et al. (2013, p. 89)

A produção é feita em lotes que se deslocam entre os setores por meio de equipamentos de movimentação e armazenagem, como carros manuais, empilhadeiras e rebocadores. Esta movimentação agrega custos e deve ser bem administrada para não ocorrerem congestionamentos e falhas de abastecimento. Os operadores deste tipo de AFI são altamente habilitados, aptos a trabalhar com grande número de produtos que requerem diferentes roteiros de fabricação,

necessitando de instruções de trabalho e supervisão constante (CORRÊA; CORRÊA, 2012; HERAGU, 2016).

Os principais desafios neste tipo de arranjo físico estão relacionados à distribuição dos departamentos ou setores de forma a minimizar as distancias e tempos de atravessamento dos fluxos mais importantes e do planejamento e controle da produção que deve procurar maximizar a utilização dos equipamentos e operadores. No arranjo físico por processos há, geralmente, um grande acúmulo de materiais e peças em circulação, que formam os estoques em processo, sendo estes outro motivo de preocupação para o planejamento, pois impactam diretamente nas filas de peças aguardando processamento, nos tempos de atravessamento e na produtividade (CORRÊA; CORRÊA, 2012; HERAGU, 2016; KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). No quadro 2.4 apresentam-se as principais vantagens e desvantagens do arranjo físico por processos.

Quadro 2.4: Vantagens e desvantagens do arranjo físico por processos

VANTAGENS	DESVANTAGENS
ajuste rápido a diferentes mix de produção	taxas de produção tendem a ser menores
alta flexibilidade do mix de processos (estática) pois os equipamentos (máquinas) costumam ser de média flexibilidade	maior incidência de setups (perda de tempo produtivo)
alta flexibilidade do mix de produtos (dinâmica) pois é adequado para cenários de grande variabilidade de produtos	<i>lead times</i> de produção costumam ser relativamente longos
maior taxa de utilização dos recursos produtivos (equipamentos e operários)	geram um enorme volume de tráfego no transporte de componentes entre departamentos para as várias operações
mobilidade na programação da produção	exigência de operadores mais generalistas
especialização dos trabalhadores e supervisores no processo produtivo	fluxo complexo torna o planejamento e controle da produção muito mais difícil
é mais fácil manter a continuidade de produção no caso de quebra de máquina, falta de material ou ausência do operador	tipicamente resulta em formação de filas nas máquinas
não requer duplicação de máquinas, baixa ociosidade; baixo investimento	maior espaço e capital são necessários para estoques de produto em processamento
relativamente robusto em caso de interrupção de etapas	custos indiretos altos: <i>setups</i> , movimentação, estoques, supervisão ou filas de clientes
facilita distribuição de carga máquina	para manter <i>layout</i> atualizado, empresa deve considerar perfil histórico de produtos/ serviços prestados
supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.	O controle de produção é mais complicado

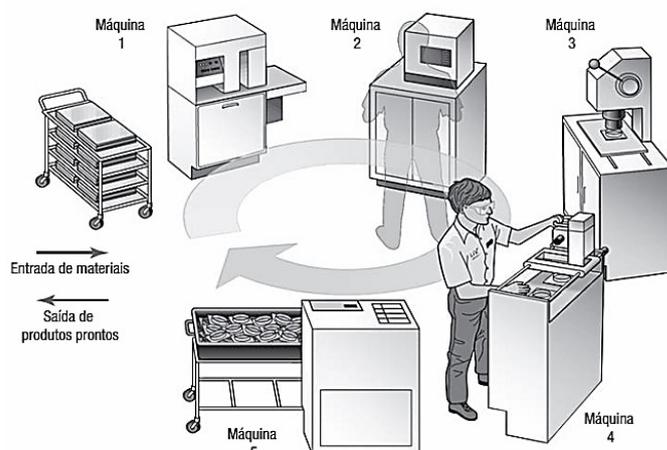
Fonte: Adaptado de Neumann; Scalice, Tompkins et al. (2015, p. 229; 2013, p. 91)

2.3.1.4 Arranjo físico celular ou arranjo físico baseado em tecnologia de grupo (*Group technology (GT)-based layout*)

O arranjo físico celular parte do conceito de agrupar em famílias os produtos ou peças pela similaridade de projeto e operações necessárias à sua fabricação, e assim reunir todas as máquinas e recursos necessários para completa ou parcial fabricação de cada família em uma célula, Figura 2.10, deste conceito surge o nome de manufatura celular.

A manufatura celular tem sua origem embasada em outro conceito chamado de tecnologia de grupo (TG), desenvolvida no final da década de 1940 na União Soviética, e aprimorada principalmente na indústria automobilística a partir da década de 1960.

Figura 2.10: Arranjo físico celular.



Fonte: KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA (2009, p. 264)

A TG consiste em identificar as peças por meio um sistema de codificação de vários dígitos que descreve suas características físicas, facilitando, assim, a visualização das etapas necessárias à fabricação, com descreve Gaither e Frazier (2001, p. 109):

1. É mais fácil determinar como encaminhar as peças ao longo da produção, porque as etapas de produção necessárias para fazer uma peça são evidentes a partir de seu código.
2. O número de projetos de peças pode ser reduzido devido a padronização da peça. Quando novas peças são produzidas, os códigos das peças existentes podem ser acessados em um banco de dados de computador para identificar peças semelhantes. Novos projetos podem ser feitos como os existentes.
3. Peças com características similares podem ser agrupadas em **famílias de peças**. Uma vez que as peças com

características similares são feitas de maneira semelhante, as peças de uma família de peças normalmente são feitas nas mesmas máquinas, com ferramentaria similar.

4. Algumas famílias de peças podem ser designadas a células de manufatura para serem fabricadas, normalmente uma família de peças para uma célula. A organização do chão de fábrica em células é chamada manufatura celular. (Gaither e Frazier, 2001, p. 109).

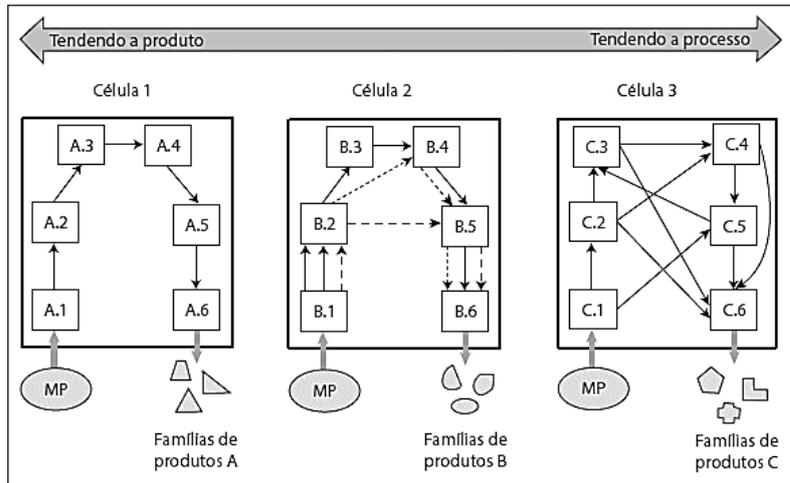
A partir da década de 1970 a manufatura celular ganha importância como um sistema onde o controle e planejamento da produção se tornam mais simples, quando comparado com grandes sistemas formados em arranjos físicos por processos, tornando-se associada aos conceitos de manufatura *just-in-time*, produção enxuta e da gestão da qualidade total, pelas vantagens apresentadas em relação aos outros sistemas (HERAGU, 2016; TOMPKINS et al., 2013).

Segundo Corrêa e Corrêa (2012, p. 416) as etapas para desenvolver um arranjo físico celular são:

1. Identificar famílias de itens produzidos que tenham, agregadamente, volume suficiente e similar conjunto de recursos para serem processados deve-se estar preparado para que “sobrem” determinados itens de grande variedade que não conseguem ser colocados em nenhuma célula estes continuarão, em geral, a ser processados num setor com arranjo funcional;
2. Identificar e agrupar recursos (máquinas, pessoas) de forma que consigam, com suficiência, processar as famílias de itens identificadas, definindo células;
3. Para cada célula, arranjar os recursos, usando os princípios gerais do arranjo por produto, estabelecendo uma pequena operação dentro da operação, de forma que a movimentação e os fluxos daquelas famílias identificadas na etapa 1, sejam mais ordeiros, simples e ágeis;
4. Localizar máquinas grandes ou que não possam ser divididas para fazerem parte de células específicas, para próximo das células. (Corrêa e Corrêa, 2012, p. 416).

No projeto do arranjo físico celular o principal problema está na definição do agrupamento das famílias de produtos, quanto à disposição das máquinas e equipamentos há várias formas, o mais comum são células em “U”, Figura 2.11, quanto ao fluxo interno dos produtos nas células, podem-se ter características que se assemelham ao arranjo por produto ou fluxos entre as máquinas como num arranjo por processo. O arranjo físico celular adapta-se bem em um ambiente com média variedade de produtos e médio volume de produção, oferecendo grande flexibilidade, quanto ao tamanho dos lotes de processamento, alta qualidade e produtividade, outras vantagens e desvantagens são apresentadas no Quadro 2.5.

Figura 2.11: Esquema de arranjo físico celular em "U" e fluxos de peças



Fonte: Neumann; Scalice (2015, p. 230)

Quadro 2.5: Vantagens e desvantagens do arranjo físico celular

VANTAGENS	DESVANTAGENS
boa combinação de flexibilidade e integração	exigência maior de capacidade: um sistema de manufatura celular exige maior capacidade de produção que um sistema funcional, pois em geral envolve a dedicação de máquinas às células
grande utilização do equipamento/ baixa ociosidade	
melhora da qualidade, já que o grupo de funcionários a cargo de gerenciar e operar os recursos da célula tende a desenvolver mais sensação de propriedade e responsabilidade por uma família inteira e não apenas por uma etapa produtiva	resistência dos operários: pode haver resistência dos trabalhadores da fábrica à adoção de células de produção devido à impressão de aumento de trabalho sem a contrapartida do aumento salarial
maior controle do sistema e confiabilidade de entregas	impossibilidades físicas: alguns processos de produção são mais difíceis de serem organizados de forma celular devido ao grande porte dos equipamentos, ou outras limitações de ordem física
são usadas máquinas pequenas e móveis, que são usualmente mais lentas e baratas	
redução do inventário	exige que os operadores sejam multifuncionais, alto custo com treinamento
redução dos tempos de preparação e atravessamento (<i>lead time</i>)	
fluxo de material mais organizado que contribui para o aumento da qualidade do produto final	pode requerer movimentação ou compartilhamento de máquinas
favorece trabalho em grupos, polivalência de mão de obra e visão do produto	pode haver ociosidade ocasional de máquinas e ferramentas para famílias de menor similaridade
trabalho em grupo pode resultar em maior motivação	Criticamente dependente do controle da produção para equilibrar os fluxos através das células individuais
flexibilidade no trabalho, pois operadores são multifuncionais	se o fluxo não for equilibrado em cada célula, são necessários pulmões e estoques de material em processo para eliminar a necessidade de mais manuseio de materiais de/para a célula
operadores trabalham em pé e caminhando	
aumento da segurança no trabalho	

Fonte: Adaptado de Corrêa; Corrêa, Neumann; Scalice, Tompkins et al. (2012, p. 416; 2015, p. 231; 2013, p. 90)

2.3.1.5 Arranjo físico híbrido (*Hybrid layout*)

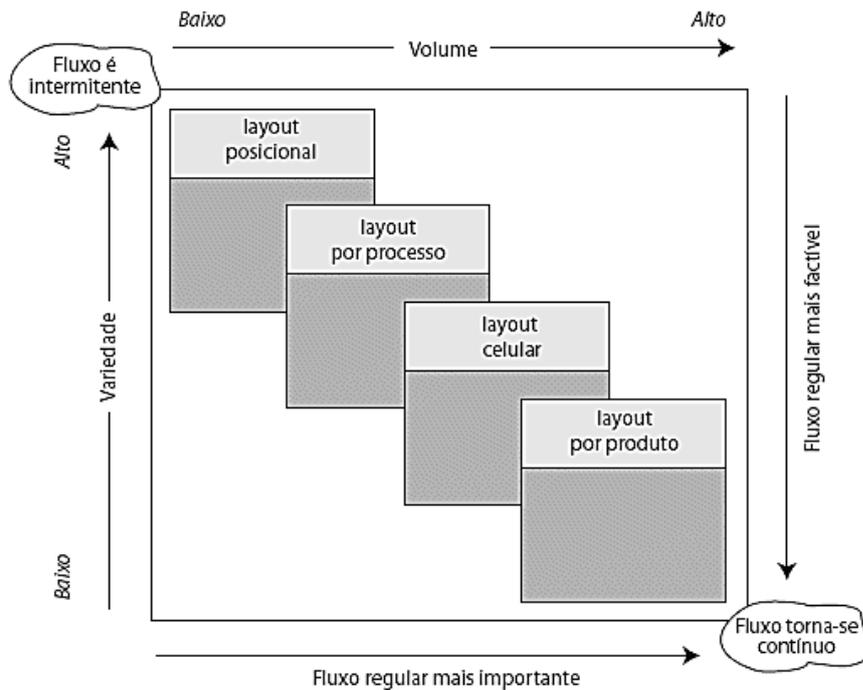
Na prática, é muito comum empresas de manufatura possuírem diferentes demandas e variados *mix* de produção, não podendo escolher somente um tipo de AFI para atender suas necessidades. Em uma mesma fábrica podem ser encontrados alguns produtos sendo produzidos em um arranjo físico por produto, outros em arranjo por processo e outros em células.

2.3.2 Seleção do arranjo físico

A seleção do AFI está, principalmente, relacionada com o volume de produção e variedade de produtos que o projeto do AFI deve atender no presente e futuro. Na Figura 2.12 pode-se verificar que, à medida que a variedade dos produtos é menor e há grande volume de produção, o arranjo físico por produto torna-se mais econômico justificando o investimento em máquinas e equipamentos especializados. Por outro lado, na extremidade oposta, conforme a variedade aumenta e o volume de produção cai, o arranjo físico por processo torna-se mais viável com as economias de escala ao produzir lotes (*batch*) minimizando os custos de preparações das máquinas (CORRÊA; CORRÊA, 2012; NEUMANN; SCALICE, 2015).

No entanto, em manufatura de produtos, esta classificação é somente orientativa na maioria das fábricas encontram-se arranjos mistos, ou predominância de algum tipo. Nas organizações que procuraram se alinhar a modernas técnicas de manufatura, como o *just-in-time* e produção enxuta (*lean manufacturing*) encontram-se forte presença do arranjo físico celular, que se alinha com suas vantagens as premissas de eliminação de desperdícios destas filosofias. No projeto de AFI outros fatores também são importantes para definição como: os custos de produção de cada alternativa, o capital inicial disponível, a área disponível ou restrições relativas ao prédio e até imposições normativas (NEUMANN; SCALICE, 2015; TOMPKINS et al., 2013).

Figura 2.12: Matriz volume x variedade



Fonte: (NEUMANN; SCALICE, 2015, p. 237)

As estratégias de atendimento da demanda influenciam também o projeto do arranjo físico, a estratégia de fabricar sob encomenda (*make-to-order*), está associada à fabricação de lote único ou pequenos lotes, requer em algum momento alta flexibilidade para atender as especificações dos clientes, como no arranjo físico de posição fixa ou por processos. A estratégia de **montar sob encomenda** (*assemble-to-order*) está associada a linhas de montagem, do arranjo físico por produto, onde uma combinação de poucos componentes padronizados e submontagens de componentes criam uma grande variedade de produtos. Neste caso a montagem final aguarda o pedido do cliente, pela impossibilidade de se estocar todas as variedades possíveis e a dificuldade de prever com exatidão as demandas de cada produto. A terceira estratégia é a de **fabricar para estocar** (*make-to-stock*), neste sistema têm-se grandes volumes de produção de produtos padronizados, para atender uma demanda previsível com razoável precisão. Por isso, o estoque serve para absorver eventuais variações na demanda e manter os níveis de atendimento, neste sistema encontram-se as montadoras de automóveis, fabricantes de linha branca, eletrodomésticos etc. A expressão “produção em massa” surge deste conceito, onde o arranjo físico em linhas é predominante, com trabalhadores executando operações repetidas em curtos ciclos de tempo para

atender um grande volume de produção de itens semelhantes (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

2.3.3 Projeto de Arranjo Físico

Há diferentes técnicas e ferramentas para elaboração do arranjo físico, para serem utilizadas em um planejamento inicial ou alteração e melhoria de um arranjo físico existente. A correta aplicação depende das informações disponíveis e conhecimento do projetista, mas um arranjo físico mal elaborado pode elevar os custos produtivos continuamente (NEUMANN; SCALICE, 2015).

O projeto do arranjo físico pode ser elaborado em duas fases, primeiro o arranjo físico de blocos, onde são mostrados a forma o tamanho e o local de cada setor, depois é construído o arranjo físico detalhado, onde são mostrados o posicionamento de máquinas, equipamentos e instalações dentro de cada setor. Geralmente para decisão entre várias alternativas que podem aparecer durante um estudo, o arranjo físico de blocos mostra de forma macro os fluxos de materiais e pessoas facilitando as análises e decisões. No entanto para uma definição acertada deve ser feita posteriormente com a análise do arranjo físico detalhado e seus micros fluxos internos (TOMPKINS et al., 2013).

2.3.3.1 Planejamento Sistemático do Arranjo Físico (*Systematic layout planning – SLP*)

O SLP é uma metodologia desenvolvida nos anos 60 pelo engenheiro industrial estadunidense Richard Muther, para o projeto de arranjo físico, que mesmo não contemplando as células de manufatura, ainda é uma abordagem muito utilizada pela sua simplicidade e é estruturada em quatro fases. Segundo Heragu (2016), estas quatro fases são aplicadas de forma sistemática e repetida para planejar desde o arranjo físico em blocos até o arranjo físico detalhado. Apresenta as seguintes fases:

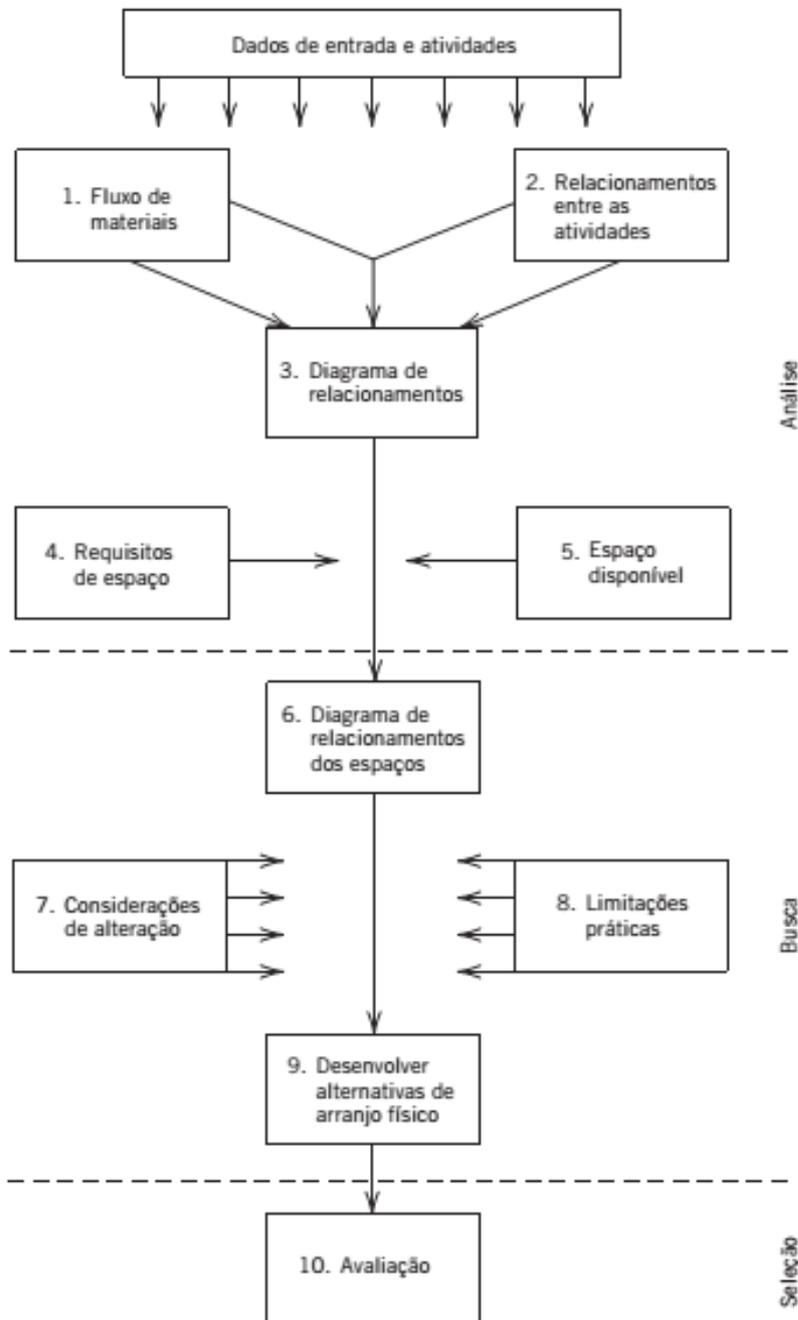
- Fase I: Contempla a localização da área onde será realizada a implementação do arranjo físico ou alteração do arranjo físico existente.
- Fase II: Contempla a elaboração do arranjo físico por blocos de uma forma geral, por meio da análise dos fluxos de materiais entre os departamentos,

das necessidades de proximidade entre setores, das restrições da edificação e outras. Nesta fase são geradas propostas que podem ser avaliadas por custos e outras considerações.

- Fase III: Nesta fase é projetado o arranjo físico detalhado, com a localização de cada máquina, equipamentos, instalações e áreas de suporte. Os procedimentos para elaboração do arranjo detalhado são os mesmos utilizados na Fase II, só que para análise dos fluxos de materiais dentro dos departamentos.
- Fase IV: Nesta fase o arranjo físico selecionado é aprovado e são desenvolvidos os desenhos de projeto com todos os detalhes de posicionamento e instalação das máquinas, equipamentos e instalações industriais. Também são desenvolvidos nesta fase o cronograma e a gestão de recursos e custos para a instalação ou mudança do arranjo físico.

O procedimento adotado pelo SLP é representado na Figura 2.13., onde os dados de entrada são os requisitos necessários para se iniciar uma análise do arranjo físico, e são representados por: produtos a serem produzidos; roteiro das operações para cada tipo de peça; serviços de suporte, como: manutenção, refeitório, vestiário etc. e tempo ou período de utilização das máquinas.

Figura 2.13: Procedimento do planejamento sistemático do arranjo físico (SLP)

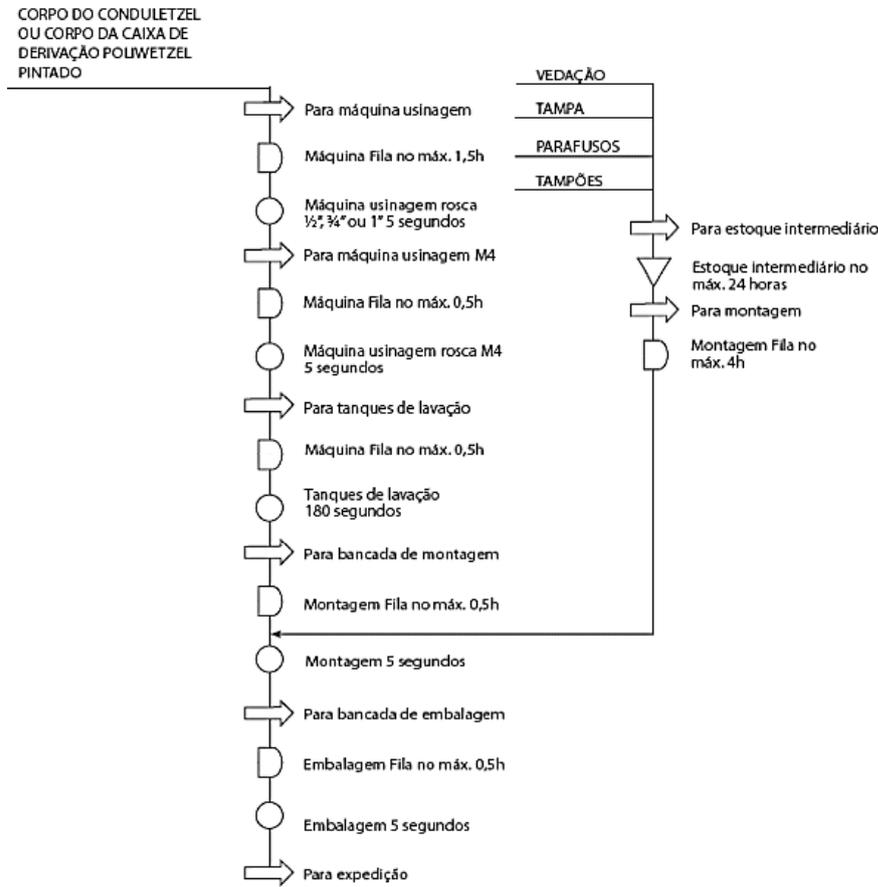


Fonte: Tompkins (2013, p. 245)

O item 1 indica a necessidade de se conhecer e quantificar os fluxos de materiais entre os setores, isto é fundamental para se definir as estratégias de movimentação de materiais bem como dar fluidez aos processos evitando que se formem congestionamentos ou movimentos contrários ao fluxo principal. Priorizando-se a aproximação de setores que possuem maior fluxo entre si. Nesta etapa podem

ser utilizadas ferramentas como: fluxogramas (Figura 2.14), carta de processos múltiplos (Figura 2.15) e a carta “de-para” (Figura 2.16).

Figura 2.14: Exemplo de fluxograma



Fonte: Neumann; Scalice (2015, p. 255)

Figura 2.15: Exemplo de carta de processos múltiplos

Operação	Produto A	Produto B	Produto C	Produto D	Produto E
Cortar	①	①	①		①
Centrar	②	②	②	①	
Tornear		③	④	②	
Mandrilar		④	③		
Fresar	③				②
Retificar	④			③	
Tratamento térmico		⑤	⑤	④	③

Fonte Neumann; Scalice (2015, p. 256)

Figura 2.16: Exemplo de carta De-Para

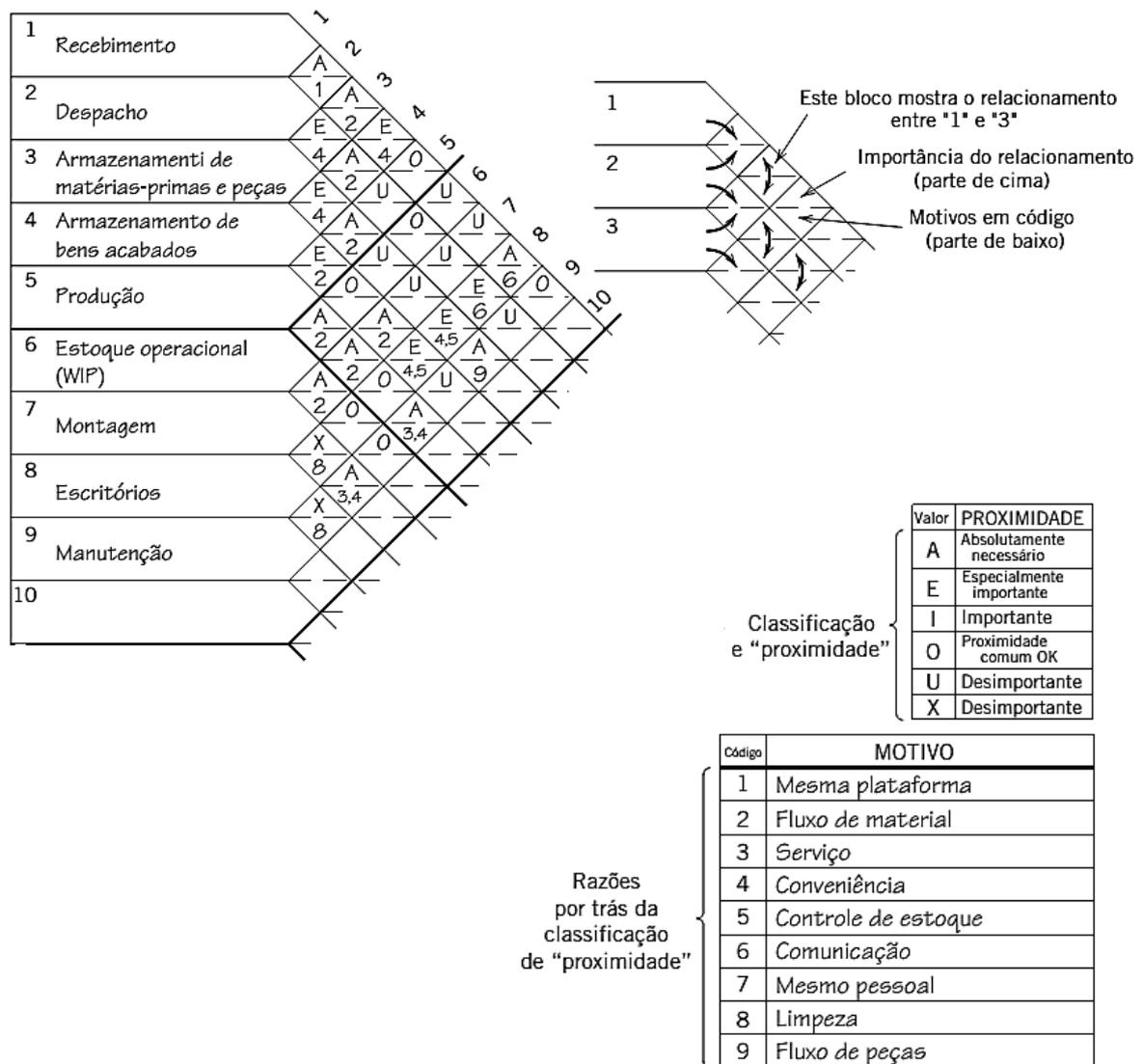
De \ Para	1 Cortar	2 Centrar	3 Tornear	4 Mandrilar	5 Fresar	6 Retificar	7 Tratamento térmico
1 Cortar	-	ABC			E		
2 Centrar		-	BD	C	A		
3 Tornear			-	B		D	C
4 Mandrilar			C	-			B
5 Fresar					-	A	E
6 Retificar						-	D
7 Tratamento térmico							-

Fonte: Neumann; Scalice (2015, p. 263)

No item 2 é realizada uma análise qualitativa da importância da aproximação de determinados setores. O método SLP atribui uma classificação para definir a prioridade da aproximação entre setores, por meio das letras: A – Absolutamente necessário; E – Especialmente necessário; I – Importante; O – Regular; U – Não importante e X – Indesejável.

No item 3 é possível relacionar a importância da proximidade de setores levando em consideração os dados quantitativos dos fluxos entre setores com outros fatores qualitativos que influenciam na decisão da proximidade ou não de setores. Esta é uma ferramenta que limita aplicação deste método, por exemplo, pode ser muito complexo analisar 190 relacionamentos de 20 atividades, o que pode levar a necessidade de agrupamento de atividades por similaridade para facilitar a análise, Figura 2.17 (HERAGU, 2016).

Figura 2.17: Exemplo de carta de relacionamento



Fonte: Adaptado de Tompkins (2013, p. 246)

No item 4 é executado o levantamento de todas as necessidades de áreas, incluindo as máquinas, espaço dos operadores, armazenagem, equipamentos, movimentação de materiais, manutenção entre outras necessidades.

No item 5 deve ser realizada a análise das áreas disponíveis, considerando as restrições físicas do edifício, como: vigas, colunas e outras estruturas que dificultem sua total utilização.

No Item 6 são desenvolvidos dois diagramas de relacionamento, no primeiro o "diagrama de relacionamento de atividades" (Figura 2.18) procura-se agrupar graficamente os setores com maior classificação de proximidade e representar as

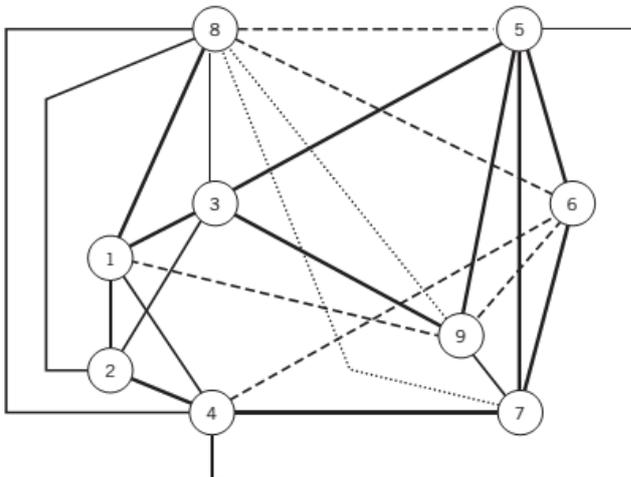
classificações por meio de linhas paralelas, espessuras ou cores diferentes conforme Figura 2.19.

Figura 2.18: Exemplo de convenção de representação de afinidades

Descrição	Vogal	Escala	Gráfico manual	Gráfico CAD	Cor
Absoluta	A	4			Vermelho
Excepcional	E	3			Amarelo
Importante	I	2			Verde
Ordinária	O	1			Azul
Sem importância	U	0	-	-	-
Distante	X	-1			Preto

Fonte: Neumann; Scalice (2015, p. 268)

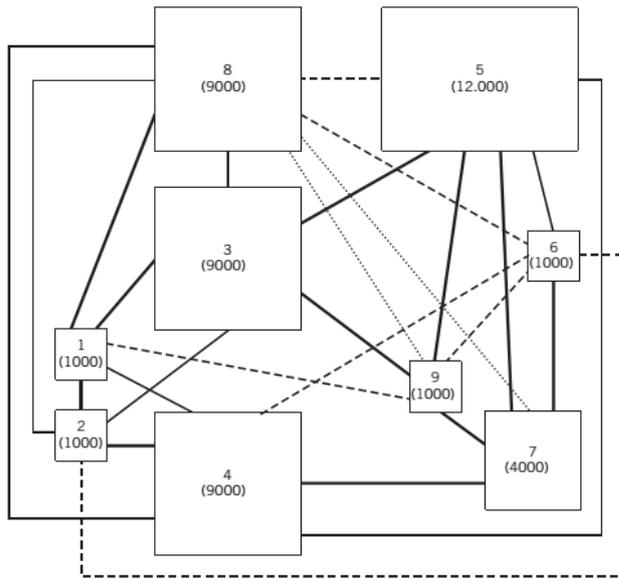
Figura 2.19: Diagrama de relacionamento de atividades



Fonte: Tompkins (2013, p. 247)

Depois desta primeira análise se constrói o “diagrama de relacionamento entre espaços” (Figura 2.20) onde são representadas as áreas necessárias, analisadas no item 5, de cada setor em blocos quadrados. Esta ferramenta possibilita visualizar a disposição dos setores, em relação às necessidades de proximidade de outros setores, e o espaço requerido.

Figura 2.20: Diagrama de relacionamento entre blocos

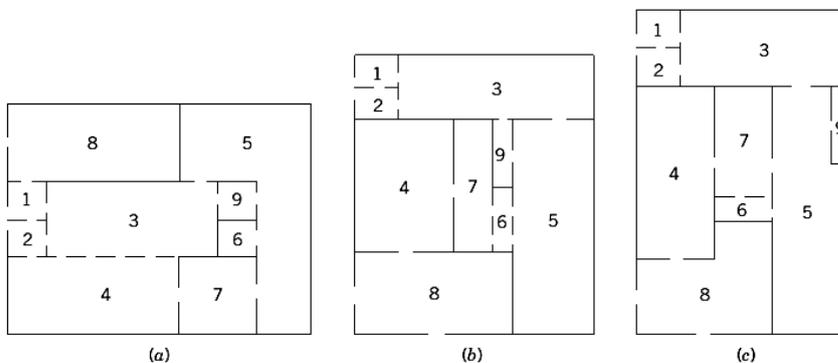


Fonte: Tompkins (2013, p. 247)

Nos itens 7 e 8, segundo Heragu (2016), devem ser verificadas as possíveis alterações futuras e todas as limitações práticas como: custos, normas de construção, normas de segurança, regulamentações, fornecimento de energia, vigas, colunas etc.

No item 9, após as análises anteriores, são geradas duas ou três propostas para análise (Figura 2.21), nesta fase gerar muitas alternativas pode ser demorado e não apresentar informações novas.

Figura 2.21: Exemplo de propostas de arranjo físico



Fonte: Tompkins (2013, p. 248)

No item 10, a avaliação e seleção da proposta, que deve seguir para detalhamento, é aprovada em comum acordo com todos os responsáveis pelas áreas envolvidas.

Segundo Laugeni e Martins (2005) a avaliação e seleção do arranjo físico deve considerar os aspectos quantificáveis e não-quantificáveis. Uma importante medida para avaliação quantificável das propostas são os custos de transporte entre setores. Comparando-se o custo total de transportes de cada proposta, pode-se chegar a uma conclusão da melhor solução. A equação do custo total é representada por (LAUGENI; MARTINS, 2005, p. 143):

$$CT = \sum C_{IJ} \times D_{IJ} \times Q_{IJ} \quad (1)$$

Onde:

C_{IJ} = Custo unitário para transportar uma unidade entre a origem i e o destino j ;

D_{IJ} = Distância entre a origem i e o destino;

Q_{IJ} = Quantidade (ou volume) transportado entre a origem i e o destino j .”

Como C_{IJ} e Q_{IJ} são constantes, a distância entre os setores D_{IJ} , com maior intensidade de fluxo entre si, é que vão impactar no custo total.

3. METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia adotada nesta pesquisa, para o desenvolvimento de um jogo sério analógico, no formato de jogo de tabuleiro, para ser utilizado como apoio no ensino da disciplina Projeto de Fábrica, do curso de graduação em Tecnologia em Gestão da Produção. Esta pesquisa, portanto, é classificada como aplicada, devido sua aplicação ter consequências práticas na solução de problemas reais.

Quanto aos objetivos é uma pesquisa exploratória, visto que o tema aprendizagem baseada em jogos analógicos, especialmente em disciplinas de engenharia de produção, ainda é pouco explorado. Esse estudo contribui para aumentar o esclarecimento sobre este tema e possibilita estudos futuros mais sistematizados. Conforme GIL (2012, p. 27) “As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Esta pesquisa é constituída de levantamentos bibliográficos, sobre o tema em estudo e suas bases teóricas, e por se tratar de uma aplicação prática, fez-se necessária a utilização de entrevistas para coletar dados sobre a aplicação e assim construir um entendimento maior do tema estudado. Segundo Farias Filho; Arruda Filho (2015, p. 63) “a pesquisa exploratória...caracteriza-se por uma primeira aproximação com o tema, o problema e o objeto da pesquisa e busca estabelecer os primeiros contatos com o fenômeno de interesse”.

Com objetivo de construção de um jogo, foi necessária, no decorrer do seu desenvolvimento, a interação com os usuários do jogo, os alunos e professores das disciplinas envolvidas, coletando suas percepções sobre os elementos do jogo (mecanismo, regras, componentes, conceitos abordados etc.) e analisar se estavam alinhadas aos propósitos do jogo. Esta interação é necessária para corrigir e melhorar o jogo, criando um retorno a estágios anteriores da pesquisa, revendo conceitos, e objetivos, até o aprimoramento final do jogo. Essa relação dinâmica entre o pesquisador e o mundo real não pode ser traduzida em números, e a interpretação dos fenômenos e atribuição dos significados são fundamentos da pesquisa qualitativa (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2015)

A abordagem qualitativa desta pesquisa está diretamente ligada a necessidade de obter o “*feedback*” de grupo de alunos e professores, futuros usuários, sobre o jogo. Esta observação de campo, feita no ambiente estudantil, durante as etapas de testes do jogo, permitiu aos alunos se expressarem livremente, como fazem com seus colegas sem barreiras hierárquicas ou de autoridade. Segundo Creswell (2014, p. 52).

[...] conduzimos pesquisa qualitativa porque precisamos de uma compreensão complexa e detalhada da questão. Esse detalhe só pode ser estabelecido falando diretamente com as pessoas, indo até suas casas ou locais de trabalho e lhes possibilitando que contêm histórias livres do que esperamos encontrar ou do que lemos na literatura [...]. (Creswell, 2014, p. 52).

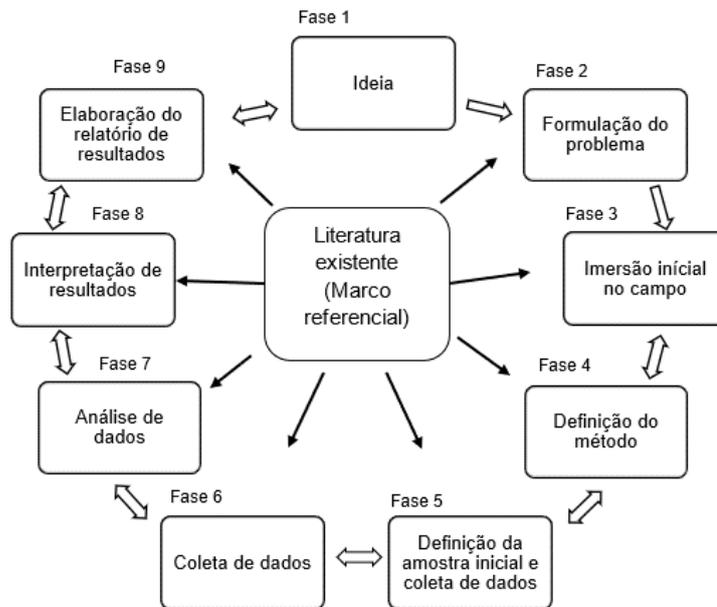
Como resultados dos encontros surgem novas propostas e observações, as vezes com argumentos e sugestões uníssonos, as vezes conflitantes, isto mostra como as relações interpessoais são complexas e difíceis, cada pessoa tem seu conhecimento e seu modo de ver o mundo, contribuindo de formas diferentes para a proposta. Ainda conforme Creswell (2014, p. 53):

As interações entre as pessoas, por exemplo, são difíceis de captar com as medidas existentes e essas medidas podem não ser sensíveis a questões como as diferenças de gênero, [...] *status* econômico e diferenças individuais. Nivelar todos os indivíduos em uma média estatística desconsidera a singularidade dos indivíduos de nossos estudos. (Creswell, 2014, p. 53).

Mesmo o desenvolvimento do jogo estar fundamentado em uma teoria, durante as várias fases de teste foram evidenciadas alterações necessárias para atingirem uma melhor jogabilidade ou atender os objetivos educacionais propostos. Em função das interações com os alunos e professores, foram revistas desde os objetivos iniciais e conceitos teóricos abordados, após cada coleta e análises dos dados nas etapas de teste.

Essa abordagem, representada pela Figura 3.1, é descrita pelos pesquisadores Sampieri; Collado; Lucio (2014, p. 33): “A ação indagativa se move de maneira dinâmica em ambos os sentidos: entre os fatos e sua interpretação, e é um processo mais “circular” no qual a sequência nem sempre é a mesma, ela varia de acordo com cada estudo específico”.

Figura 3.1: Processo Qualitativo



Fonte: adaptado de Sampieri; Collado; Lucio (2014, p. 34)

3.1 PESQUISA-AÇÃO

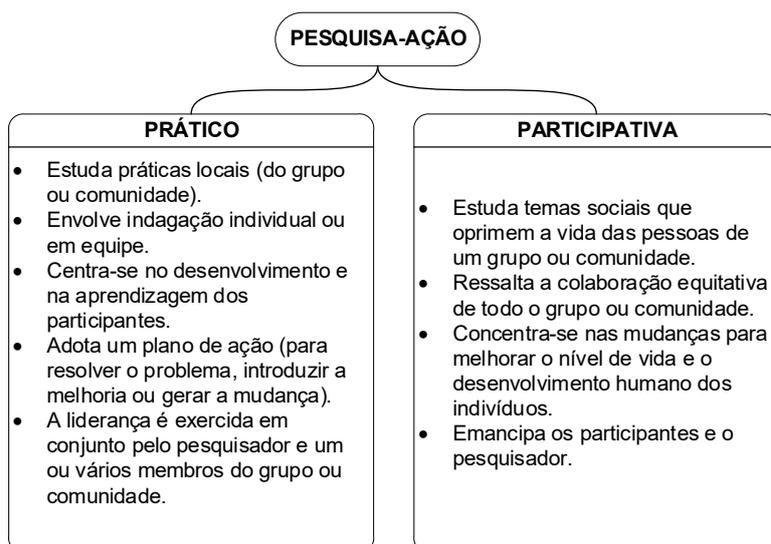
Diante do exposto, na caracterização da pesquisa, como método de pesquisa foi selecionada a Pesquisa-ação, como abordagem geral para esta pesquisa. De acordo com Martins, Mello e Turrioni (2014, p. 183) “um dos métodos de pesquisa qualitativa considerado apropriado para emprego na Engenharia de Produção”. Segundo Farias Filho e Arruda Filho (2015, p. 67)

Pesquisa-ação: quando concebida é realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo. Os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. O plano de pesquisa é constantemente redefinido com base no andamento da pesquisa. Utiliza primordialmente critérios qualitativos de análise [...] (Farias Filho e Arruda Filho, 2015, p. 67).

Os pesquisadores Sampieri, Collado e Lucio (2014) identificaram em sua pesquisa duas abrangências para a pesquisa-ação (Figura 3.2).

Na pesquisa-ação participativa o grupo estudado atua como coautores, desde a elaboração do problema de pesquisa até a redação do relatório final.

Figura 3.2: Abrangências da Pesquisa-ação



Fonte: SAMPIERI; COLLADO; LUCIO (2014, fig. 516)

Neste trabalho a abrangência considerada é a pesquisa-ação prática, com a participação de grupo de alunos e professores, em seu ambiente acadêmico, interagindo com a proposta do jogo e espontaneamente ou por meio das indagações do mediador, que é pesquisador deste trabalho e professor dos conteúdos abordados no jogo, contribuíram de forma ao pesquisador poder avaliar, corrigir e alterar o jogo, durante as fases de teste, procurando identificar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados.

As fases de teste do jogo se alinham com as fases da pesquisa qualitativa apontadas por Sampieri, Collado e Lucio (2014, p. 515):

- Detectar o problema de pesquisa, torná-lo claro e diagnosticá-lo (seja ele um problema social, a necessidade de uma mudança, uma melhoria etc.);
- Elaboração de um plano ou programa para resolver o problema ou introduzir a mudança;
- Implementar o plano ou programa e avaliar resultados;
- “*Feedback*”, que leva a um novo diagnóstico e a uma nova espiral de reflexão e ação. (Sampieri, Collado e Lucio, 2014, p. 515).

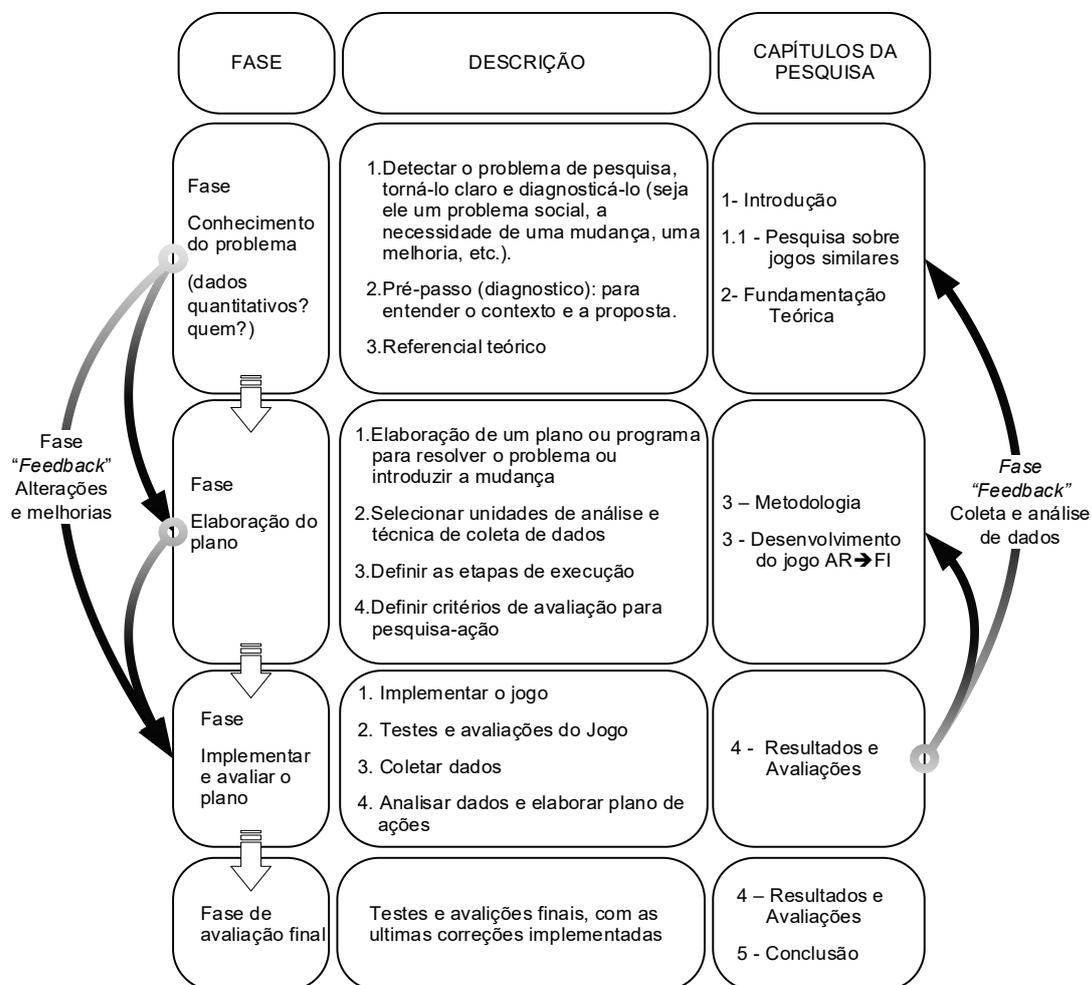
Segundo MELLO et al. (2011, p. 4), em sua pesquisa sobre o uso crescente da pesquisa-ação em engenharia de produção, apresentam as fases para o processo de pesquisa-ação: “Cada ciclo do processo da pesquisa-ação acontece em cinco fases: planejar; coletar dados; analisar dados e planejar ações; implementar ações; avaliar resultados e gerar relatório”

E os autores Martins, Mello, Turrioni (2014, p. 175) apresentam que o ciclo da pesquisa-ação deve compreender os seguintes passos:

- Pré-passo (diagnostico): para entender o contexto e a proposta.
- Seis passos principais: para coletar, realimentar e analisar dados, e para planejar, implantar e avaliar as ações.
- Metapasso: para monitoramento de cada um dos passos principais. (Martins, Mello, Turrioni, 2014, p. 175).

Observa-se pelos autores estudados que as fases do processo de pesquisa-ação devem-se adequar ao tema e ao problema sendo, portanto, flexíveis como a própria abordagem qualitativa. A Figura 3.3 apresenta as ações presentes nesta pesquisa.

Figura 3.3: Fases da pesquisa-ação presentes nesta pesquisa



Fonte: Adaptado de (MELLO et al., 2011; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2014).

Cada uma dessas fases é discutida a seguir, como etapas para a condução do método.

3.2 ETAPAS PARA CONDUÇÃO DO MÉTODO

As etapas desta pesquisa seguem as fases do método de pesquisa-ação proposto.

3.2.1 O problema de pesquisa

Segundo Bernardes, Muniz e Nakano (2019), o problema de pesquisa além de orientar e manter o foco do pesquisador, deve ter como resposta a produção de um conhecimento ou entendimento sobre determinado tema. Em pesquisas qualitativas os problemas de pesquisa não são tão específicos como na pesquisa quantitativa, permitindo uma maior flexibilidade do pesquisador. O método da pesquisa-ação com sua possibilidade de revisar as fases durante o desenvolvimento da pesquisa pode levar o pesquisador a rever e propor novas indagações, até chegar a uma solução.

O problema de pesquisa deste trabalho é abordado no capítulo Introdução, bem como a contextualização do problema, a justificativa, a motivação e os objetivos.

3.2.2 O referencial teórico

O Papel do referencial teórico na pesquisa qualitativa não é tão extenso como numa pesquisa quantitativa. Enquanto na pesquisa quantitativa há necessidade de uma substancial quantidade de literatura, para direcionar racionalmente o estudo e ter uma base fundamentada para confirmar, ou não, estudos de outros pesquisadores durante a discussão e conclusão, na pesquisa qualitativa o referencial teórico ajuda o pesquisador na formulação inicial do problema, inclusive valendo-se de dados quantitativos, sendo mais para auxiliar na justificativa e como referências para comparação de outros trabalhos (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2014).

Conforme Mello et al. (2011) a revisão teórica na pesquisa qualitativa ajuda a identificar pontos que precisam de aprofundamento de modo a criar uma base teórica sólida e explicativa, identificando as contribuições, pontos fortes e lacunas,

esta última como oportunidades para analisar a existência de problemas a serem solucionados.

A característica dinâmica da pesquisa-ação pode levar ao pesquisador acrescentar ou modificar o referencial teórico ao longo da pesquisa, no entanto não é possível iniciar o processo sem o referencial que aborde o problema estudado, conforme Macke (2010, p. 229), em seu estudo sobre a aplicação da pesquisa-ação em uma organização industrial: “A função do referencial conceitual (teórico) é orientar o processo de mudança na organização, ou seja, a partir deste referencial são definidos dois pontos chave: o que constitui uma situação de mudança e como medir essa mudança.”

A orientação para fundamentação teórica desta pesquisa seguiu três linhas distintas:

- Aprendizagem baseada em jogos;
- *Design* de Jogos e *Design* de Jogos Sérios;
- Arranjo Físico de Instalações.

Os dois primeiros tópicos foram pesquisados por meio do Portal de Periódicos CAPES/MEC, em bases de dados internacionais como: WEB OF SCIENCE (multidisciplinar), EBSCO (multidisciplinar), SCIENCE DIRECT (multidisciplinar) e SCOPUS (multidisciplinar), em repositórios nacionais de Teses e Dissertações e no portal Google Acadêmico.

O último tópico a pesquisa se concentrou principalmente na bibliografia de referência da disciplina “Projeto de Fábrica”, visto que as referências do conteúdo didático presente no jogo estão disponíveis para pesquisa dos alunos e professores nas bibliotecas das Fatecs.

Procurou-se publicações nos últimos 5 anos, no entanto devido à dificuldade de encontrar referências sobre alguns temas estendeu-se a pesquisa para publicações em torno dos últimos 10 anos. Mas, em alguns tópicos, procurando as primeiras abordagens sobre embasamentos importantes, procurou-se referências além desses períodos.

3.2.3 Unidade de análise

Como a abordagem da pesquisa-ação nasce dentro da Fatec, motivada pela resolução de um problema didático, não há neste trabalho a etapa de procura e

definição da unidade de análise. Foram selecionados grupos de alunos, da Fatec de Itatiba e da Fatec de Jundiaí, para realização de sessões de teste para desenvolvimento do jogo.

3.2.4 Plano de resolução do problema

A escolha da metodologia de aprendizagem baseada em jogos, como uma metodologia ativa para introduzir uma melhora no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Projeto de Fábrica, e temas da administração da produção em outras disciplinas correlatas, tem como suporte o desenvolvimento do jogo que é abordado na seção 3.4.

3.2.5 Implementação do jogo

O desenvolvimento do jogo inclui fases de testes para aperfeiçoamento do jogo. Estas fases estão em consonância com as fases da pesquisa-ação, como a coleta de dados, revisão e novamente testes até obter a solução final.

3.2.6 Coleta de dados

A coleta de dados na pesquisa qualitativa visa a obtenção de dados que posteriormente trabalhados se transformam em informação. Estes dados são observados e coletados diretamente pelo pesquisador das pessoas participantes da pesquisa, de forma individual ou coletiva, estas se expressam conforme suas experiências de vida, conhecimento, percepções e sentimentos espontaneamente ao observador de forma verbal, não-verbal ou escrita. Tais dados não podem ser quantificados em estatísticas, mas sim devem ser analisados e compreendidos pelo pesquisador procurando responder as perguntas da pesquisa, desenvolvendo assim o conhecimento (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2014).

Segundo Martins (2014) os dados na pesquisa qualitativa são denominados primários quando coletados pessoalmente pelo pesquisador e secundários quando coletados de outros estudos ou publicações, como no referencial teórico. Há vários instrumentos de coletas de dados primários na pesquisa qualitativa quando se utiliza o método da pesquisa-ação como: entrevistas; observação; análise de documentos,

registros; e grupos focais (entrevistas em grupo). Neste estudo foi selecionado a técnica de grupo focais.

3.2.6.1 Grupos Focais

Grupos focais é um método de coleta de dados utilizado na pesquisa qualitativa em todos os campos do conhecimento, que consiste na reunião de um pequeno grupo de 3 a 10 pessoas para debaterem, orientados por um moderador, sobre determinado tema. A característica “focado” é porque deve reunir participantes que conhecem, tiveram alguma experiência em comum ou tem interesse no tema a ser discutido. Outra característica importante do uso deste método, é que determinadas pessoas se sentem mais confortáveis em discutir temas quando fazem parte de um grupo, do que quando entrevistadas individualmente (YIN, 2016).

Esta técnica permite analisar a interação entre os participantes, em discussões sobre tema abordado e como os significados são construídos em grupo. Por isso, é importante que o moderador conduza as discussões para que todos participem, evitando que uma ou mais pessoas dominem a discussão, segundo Sampieri; Collado; Lucio (2014) para realizar as sessões de grupos focais é necessário:

- Determinar provisoriamente o número de sessões e perfil dos participantes;
- Buscar as pessoas com o perfil escolhido;
- Convidar para as sessões;
- Organizar as sessões (local, ambiente agradável, planejar o que será abordado etc.);
- Iniciar a sessão – O pesquisador deve ser capaz de conduzir a discussão não permitindo que desviem o foco do objetivo proposto, para tanto é importante que o moderador transmita confiança e proximidade dos participantes, para poder intervir e organizar a interação entre todos. Durante as sessões o moderador, dentro de um roteiro que pode ser estruturado, semiestruturado ou aberto, vai fazer perguntas, solicitar opiniões ou outros estímulos, propondo assim a discussão do tema;

- Elaborar o relatório da sessão - O pesquisador deve anotar os dados da sessão, não somente as discussões que devem ser gravadas (áudio, e melhor em vídeo) como também os dados dos participantes e o andamento da seção em relação ao roteiro pré-estabelecido, e as percepções do moderador sobre os resultados da sessão em relação aos objetivos esperados;

Nesta pesquisa optou-se por um roteiro semiestruturado (apêndice A), para conduzir as sessões do grupo, desta forma o roteiro apresenta os principais tópicos que devem ser abordados nas sessões, com perguntas abertas para conduzir a discussão, mas com flexibilidade para incorporar novos estímulos ou alterar a ordem dos mesmos, aproveitando a dinâmica das interações do grupo.

As sessões do grupo focal selecionado ocorreram em horários fora dos períodos de aula e em testes em aulas de disciplinas correlatas. Foram usadas as salas de aula da Fatec de Itatiba e de Jundiaí, equipadas com mesas, computador projetor e gravador de áudio. Na primeira sessão ocorreu somente a apresentação da pesquisa, o moderador (autor desta pesquisa) apresentou os objetivos das sessões e o primeiro protótipo do jogo com seus componentes e regras iniciais. As demais sessões (foram realizadas cinco sessões) seguiram o roteiro com duração de trinta minutos a uma hora.

Após o encerramento de cada sessão foram anotadas as percepções do pesquisador sobre o comportamento e envolvimento dos participantes durante o jogo, para verificar problemas de jogabilidade, o alcance ou não dos objetivos da sessão e se o roteiro precisou de revisão. As contribuições das sessões foram posteriormente analisadas, conforme apresentado no capítulo 4 desta pesquisa, e se representavam oportunidades de melhoria eram implementadas para testes nas sessões subsequentes.

Para se obter uma maior contribuição da percepção dos alunos sobre o jogo e sua proposta educacional, optou-se por combinar a técnica de coleta de dados por meio da aplicação de questionário, repetindo-se algumas questões abertas das entrevistas, para respostas individuais e de forma anônima, ampliando desta forma o número de participantes que expressaram suas opiniões e sentimentos, proporcionando um maior entendimento do coletivo.

3.2.6.2 Participantes

Os participantes foram compostos pelo moderador, professores de disciplinas correlatas e por alunos.

O Moderador (autor desta pesquisa) é professor da disciplina de Projeto de Fábrica, e outras nas Fatec de Jundiaí e Fatec de Itatiba. Além do desenvolvimento do jogo, planejou e executou as sessões de teste do jogo.

Os professores de disciplinas correlatas, auxiliaram com sugestões e correções ao longo do desenvolvimento do jogo.

Os alunos foram organizados em dois grupos de até dez alunos cada, o primeiro grupo para o desenvolvimento do jogo foram selecionados alunos da Fatec de Itatiba, que já haviam cursado a disciplina de projeto de fábrica e, portanto, tinham um conhecimento prévio do conteúdo que o jogo aborda, facilitando as narrativas que puderam melhorar o jogo ao longo das sessões. Este grupo foi chamado de 'grupo de início' e foi composto por alunos de idade entre 20 e 35 anos.

O outro grupo formado por alunos da Fatec de Jundiaí, do curso de Tecnologia em Logística, para sessões de testes de jogo com a interferência mínima do moderador, a fim de testar as regras escritas e a jogabilidade, por ser um grupo sem o conhecimento prévio da proposta foi chamado de "grupo de mesa".

3.2.7 Análise dos dados

Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2014, p. 447) "No processo quantitativo primeiro coletamos os dados e depois analisá-los, mas na pesquisa qualitativa não é assim, porque conforme reiteramos, a coleta e análise acontecem praticamente ao mesmo tempo". Nesta pesquisa a análise de dados é apresentada no capítulo 4 - Resultados e discussões, onde são apresentados e analisados os dados coletados em dois momentos.

No primeiro momento os dados coletados nas entrevistas, das sessões de testes do jogo, foram analisados pela compreensão da fala dos entrevistados em relação a experiência do jogo e aos objetivos e hipóteses desta pesquisa. Os resultados desta análise foram implementados imediatamente no jogo e testados nas sessões seguintes.

No segundo momento foi utilizada a técnica de “análise de conteúdo” para analisar as respostas do questionário sobre a percepção dos alunos quanto a proposta do jogo e sua utilização como ferramenta de auxílio a aprendizagem do conteúdo abordado pelo jogo AR→FI.

A análise de conteúdo, segundo Bardin (2016, p. 48), é definido como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/ recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 2016, p. 48).

Segundo Bernardes, Muniz e Nakano (2019) “Na análise de conteúdo, uma estratégia dedutiva, o pesquisador questiona dados para fundamentar ideias previamente definidas, oriundas por exemplo da revisão teórica”.

Esta técnica de análise baseia-se na interpretação do significado do conteúdo de uma mensagem, uma resposta de um questionário ou entrevista na forma escrita ou oral, por exemplo, e por meio da criação “unidades de codificação” que representem este mesmo significado (hermenêutica) em outras respostas.

Segundo Bardin (2016) a análise de conteúdo é realizada em três fases sequenciais:

- A pré-análise: Compreende a seleção e escolha dos documentos e fonte de dados que serão analisados.
- A exploração do material: Consiste em definir a codificação, a categorização e a análise dos dados.
- O tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação

Nesta pesquisa as duas últimas fases foram elaboradas com ajuda do *software* de análise de dados qualitativos ATLAS.ti².

² Informação sobre o software disponível em: <<https://atlasti.com/>>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Este *software* foi selecionado após se conhecer as versões de demonstração de alguns dos principais *softwares* comerciais apresentados por Creswel (2014), onde descreve as várias formas como estes programas de computador facilitam a análise e representação dos dados. Optou-se pelo ATLAS.ti pela facilidade de aprendizagem de uso e a possibilidade de obtenção de uma licença acadêmica para este estudo.

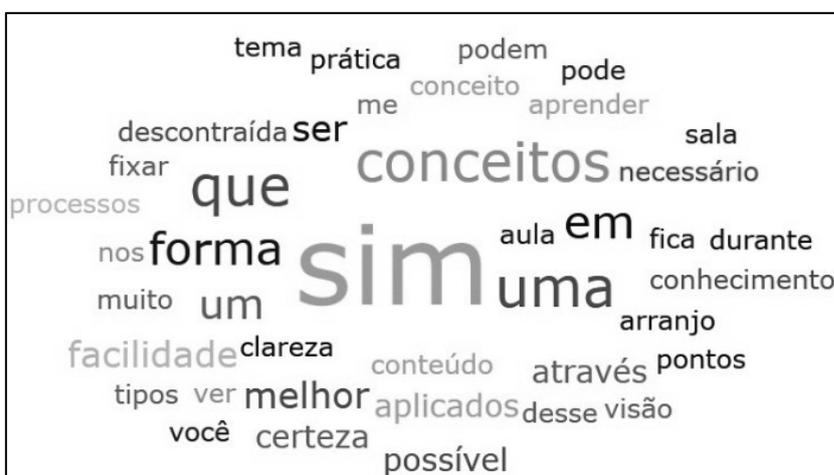
Na segunda fase, para identificação dos códigos (índices), que são as palavras e expressões que mais se repetem e se destacaram nas respostas dos 25 respondentes do questionário, foram elaboradas nuvens de palavras com as respostas de cada questão, conforme Figuras 3.4 a 3.6. Esta técnica mostra graficamente as palavras que mais apareceram nas respostas em quantidade, pelo tamanho com que são representadas na nuvem.

Figura 3.4: Nuvem de palavras das respostas da questão 1: O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?



Fonte: O autor

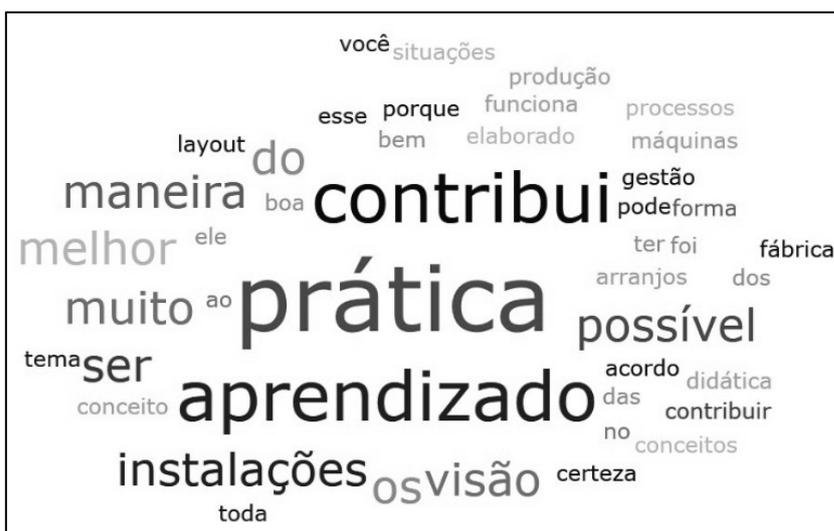
Figura 3.5: Nuvem de palavras das respostas da questão 2: Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?



Fonte: O autor

A partir destes índices foram criados onze códigos para posterior categorização feita diretamente no ATLAS.ti.

Figura 3.6: Nuvem de palavras das respostas da questão 3: Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?



Fonte: O autor

Por meio desta análise e de várias leituras das respostas pode-se identificar vários núcleos temáticos nas respostas, desta forma pode se chegar a definição dos códigos (unidade de registro), ilustradas no Quadro 3.1, que foram utilizados para identificar os trechos do texto (unidades do contexto ou citações no ATLAS.ti), que representam o contexto do código, dentro de uma análise temática.

Quadro 3.1: Códigos e definições

	Código	Comentário
●	Aprendizagem	Evidencia a percepção do respondente sobre o jogo facilitar a aprendizagem do tema.
●	Aprovação	Evidencia na resposta a declaração, ou interpretação, quanto a aprovação do jogo para fins educacionais
●	Bem elaborado	Indica que os elementos do jogo criaram uma experiência de jogo agradável.
●	Colaborativo	Evidencia a percepção do respondente em identificar a mecânica do jogo colaborativo
●	Dificuldade	Salienta as dificuldades encontradas na experiência do jogo.
●	Dinâmico	Denota que houve uma percepção do jogo sempre apresentar novos problemas.
●	Interessante	Denota a percepção do respondente sobre o jogo como ferramenta de ensino.
●	Lúdico	Evidencia a compreensão do respondente para a experiência de aprendizagem por meio do jogo.
●	Mantem o foco	Indica que a experiência do jogo mantém os jogadores focados.
●	Motivador	Indica que a experiência do jogo mantém os jogadores interessados.
●	Sintetiza um sistema complexo	Evidencia a percepção do respondente quanto a capacidade do jogo de representar sistemas complexos.

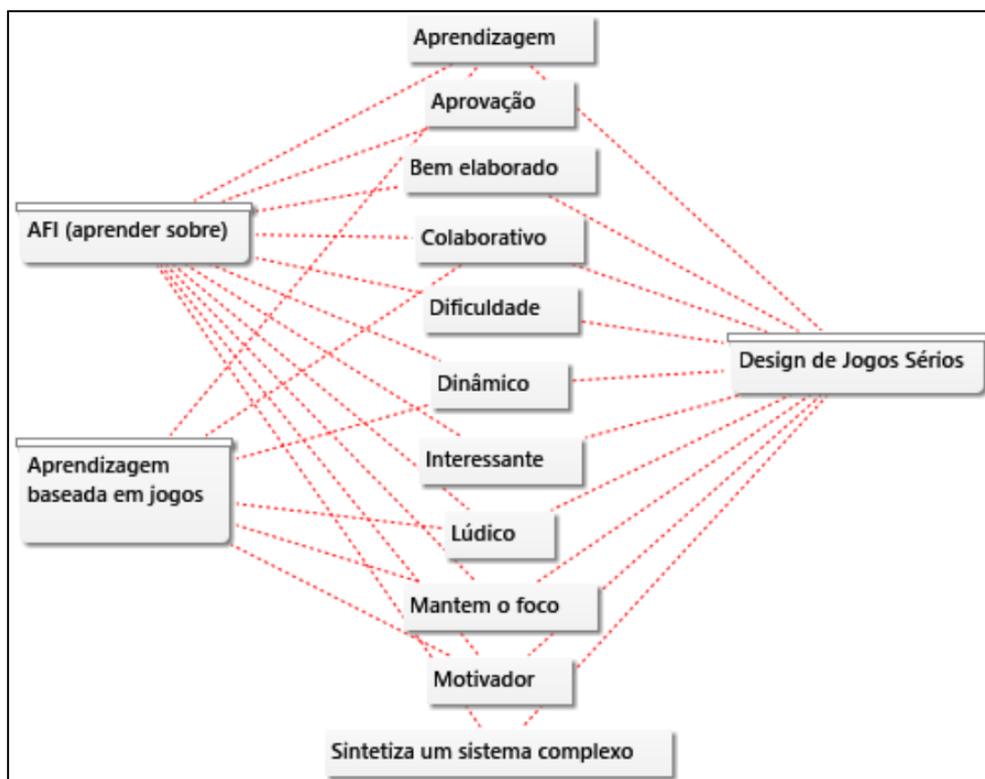
Fonte: O autor

Segundo Bardin (2016, p. 135) “Fazer uma análise temática, consiste em descobrir os <<núcleos de sentido>> que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido.”.

Depois da categorização dos trechos o resultado foi planilhado em uma tabela com a contagem simples da repetição de cada código. A íntegra de todas as respostas e codificação é apresentada no Apêndice B – Análise das Respostas do Questionário.

A Figura 3.7 mostra como os códigos estão relacionados com a fundamentação teórica desta pesquisa.

Figura 3.7: Agrupamento dos códigos



Fonte: O Autor

3.3 DISPOSIÇÕES SOBRE A ÉTICA NESTA PESQUISA

Foram considerados os aspectos éticos da pesquisa, que foram cumpridos conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Desta forma os participantes foram previamente informados do projeto e convidados a participar por livre e espontânea vontade, ficando clara a liberdade de poder deixar a pesquisa a qualquer momento. Foi garantido o anonimato aos participantes, a privacidade e a confidencialidade das informações coletadas. A pesquisa teve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Professor Robison Baroni da UNITAU – Universidade de Taubaté, conforme parecer de nº 3.395.920 (Anexo A).

Além de aprovar a pesquisa em suas instalações, as faculdades participantes do estudo também assinaram uma declaração de relevância de pesquisa, Fatec de Itatiba (Anexos B) e Fatec Jundiaí – Deputado Ary Fossen (Anexo C)

3.4 DESENVOLVIMENTO DO JOGO “AR→FI”

O desenvolvimento do jogo de tabuleiro tem como base o método conceitual FCECF e os modelos de *design* de jogos sérios como abordado na seção 2.2.2. E tem como objetivos educacionais: ser um facilitador na aprendizagem dos conceitos, seleção e avaliação de tipos de arranjo físico e promover a experiência nos alunos de resolver problemas de forma colaborativa.

3.4.1 A Fundamentação

Para a primeira fase do método FCECF, a Fundamentação, foram apresentados nos Capítulos 1 e 3 os objetivos educacionais, o público alvo e apresentados alguns jogos semelhantes. Nesta fase de Fundamentação foram exploradas as mecânicas que se adequassem aos objetivos do jogo e alinhadas com as abordagens pedagógicas do modelo TA-MJ.

O estudo do arranjo físico passa por diversas fases, dos estudos preliminares ao detalhamento da complexidade das instalações. Nas fases iniciais de estudo os analistas envolvidos no projeto do arranjo físico estão constantemente em contato com os interessados e envolvidos no projeto. São frequentes as reuniões com encarregados, supervisores e gerentes, para analisar as propostas do arranjo físico, e o impacto principalmente no fluxo de materiais, pessoas e informações. Nesta fase não são utilizados desenhos muito elaborados, porque são frequentes as alterações. Desenhos em CAD (“*Computer-aided Design*”) 2D e até modelos de papel representando os departamentos e máquinas (“*templates*”), facilitam o debate até se chegar a uma conclusão sobre qual estudo se deve seguir adiante para um detalhamento maior (HERAGU, 2016).

O jogo AR→FI deve procurar representar esta complexidade exposta por meio de mecânicas de jogos que sintetizem a experiência das relações interpessoais e a resolução do problema do arranjo físico, com elementos simples como os “*templates*”.

Como foi apresentado, os jogos são excelentes meios para apresentar problemas, e um componente do jogo que se adequa muito bem ao problema do arranjo físico é a do “quebra-cabeças”. Neste trabalho a expressão quebra-cabeças se refere a qualquer coisa que faça o jogador parar e pensar para resolver um

desafio, e não ao brinquedo de montar figuras a partir de peças que se encaixam umas nas outras.

Segundo Kalmpourtzis (2018), os jogos com elementos de quebra-cabeças, ou seja, que apresentam desafios a serem resolvidos, são excelentes para introduzir indiretamente problemas relacionados aos objetivos de aprendizagem. A solução do quebra-cabeças exige esforços cognitivos para se chegar a uma solução, baseada em decisões que devem seguir as regras do jogo, desenvolvendo desta forma habilidades de resolução de problemas e entendimento dos conceitos que estão representados no jogo. Para ajudarem os alunos a aprenderem com os quebra-cabeças, estes devem apresentar o problema de forma clara e oferecer recursos para experimentar e chegar à conclusão de qual melhor estratégia se deve utilizar para encontrar a solução. Outro ponto importante para facilitar o entendimento dos alunos, quanto ao que precisa ser feito, é procurar não colocar muita informação ou deixar muito complexo os elementos do jogo, de tal forma que desviem ou confundam o entendimento do problema proposto.

Uma mecânica de jogo que contém este elemento de quebra-cabeças é a mecânica de colocação de peças (*“tile placement”*), presente em jogos como o conhecido jogo de dominó ou mesmo mais modernos como o “Carcassonne” (Figura 3.8), onde neste último o tabuleiro vai se construindo ao mesmo tempo que o jogo se desenvolve.

Figura 3.8: Jogo Carcassonne



Fonte: BoardGameGeek (2018)

Segundo Schell (2008, p. 241, tradução nossa), “As crianças gostam de jogoda-velha até encontrarem a estratégia dominante. Nesse ponto, o quebra-cabeça do jogo da velha foi resolvido e o jogo deixa de ser interessante.”

Um jogo deve ter vários elementos dinâmicos, que façam com que para cada nova partida apresentem novos problemas para resolver. O quebra-cabeças deve ser apenas um elemento que deve ser resolvido para se descobrir novas possibilidades. Jogos que apresentam somente o quebra-cabeças leva os jogadores a procura da estratégia dominante que resolva o problema, depois de solucionado, o jogo deixa de ser divertido.

Todos os jogos têm metas que devem ser cumpridas para se atingir uma determinada pontuação, uma vantagem, uma conquista, um objetivo específico etc., e que leve o jogador a um resultado desejado ou uma condição de vitória. Tais metas podem estar inseridas nas mecânicas dos jogos ou serem criadas pelos próprios jogadores. Nos jogos educativos os objetivos podem criar situações onde a aprendizagem ocorre e as habilidades desenvolvidas no jogo para se atingir os objetivos devem estar relacionadas com os objetivos de aprendizagem do jogo (KALMPOURTZIS, 2018).

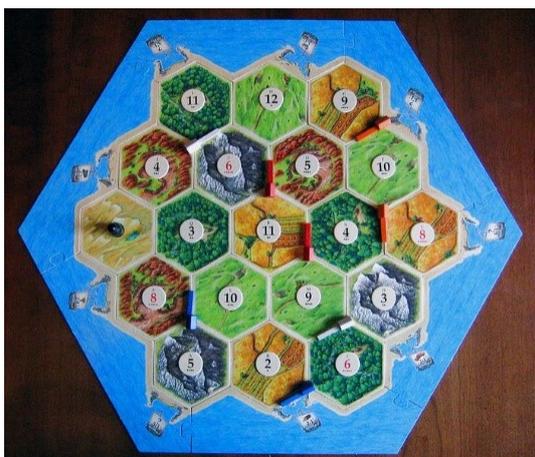
Os objetivos devem estar claros para os jogadores e devem ser bem construídos para manter os jogadores envolvidos e motivados. Os jogos geralmente apresentam uma sucessão de metas até se alcançar um objetivo. Num jogo de xadrez tem-se como objetivo a captura do rei adversário, mas o jogador é livre para criar estratégias e metas que o conduzam ao objetivo. Segundo Schell (2008) os objetivos bem construídos tem as seguintes características:

- Concreto: os jogadores sabem claramente o que devem alcançar;
- Realizável: se parecer impossível realizar os jogadores abandonam o objetivo;
- Recompensável: transpor um objetivo já pode representar uma sensação de recompensa pessoal para o jogador, mas se houver um prêmio é importante que a percepção de a alcançar seja gratificante por si só.

No jogo AR→FI têm-se dois objetivos sequenciais: a montagem de um arranjo físico que apresente os menores custos de transporte; e o atendimento de uma demanda de produtos, de modo a quantificar o fluxo de materiais pelo arranjo físico.

Para estruturar o alcance do primeiro objetivo, a montagem do arranjo físico deve formar o tabuleiro, onde o jogo será desenvolvido para se atingir o segundo objetivo. A mecânica de montar o tabuleiro com peças é conhecida como tabuleiro modular (“*modular board*”), nele o tabuleiro é construído com placas, e em muitos jogos de forma aleatória ou, como no jogo proposto AR→FI deve-se primeiro resolver um quebra-cabeças, para depois formar o tabuleiro completo. Esta mecânica possibilita criar inúmeras combinações e estratégias de jogo, é muito comum em jogos modernos como no Jogo Catan (Figura 3.9), e entre outros.

Figura 3.9: O tabuleiro modular do jogo Catan



Fonte: BoardGameGeek (2018)

Para o segundo objetivo, foram escolhidas duas mecânicas: Pontos de Ação (“*Action Point Allowance System*”) e Rolagem de dados (“*Dice Rolling*”). Na mecânica de pontos ação para cada rodada do jogo é determinado um número de movimentos ou ações que o jogador pode executar. E na rolagem de dados o objetivo é criar aleatoriedade em determinada ação por meio da rolagem de dados, no jogo AR→FI para esta mecânica será utilizado um conjunto definido de cartas. Estas duas mecânicas estão presentes, por exemplo, no jogo Takenoko (Figura 3.10).

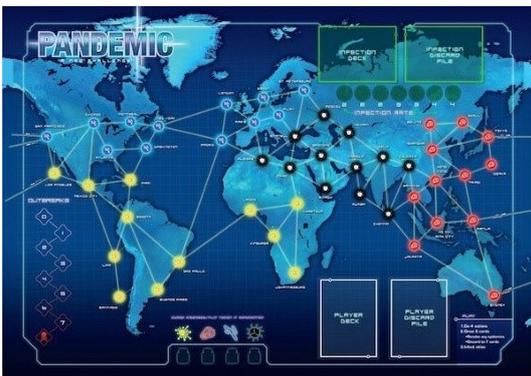
Figura 3.10: Componentes do jogo Takenoko



Fonte: BoardGameGeek (2018)

E, por último, a mecânica que integra os dois objetivos é a Mecânica Cooperativa (“*Cooperative Play*”), que nesta pesquisa entende-se como “colaborativa”. Nela os jogadores trabalham juntos para cumprir as metas e atingir os objetivos do jogo. Portanto não há disputa entre os jogadores, mas sim entre equipes que jogam o mesmo jogo. Um exemplo de uso desta mecânica é o jogo Pandemic, onde os jogadores devem assumir papéis de especialistas para livrar o planeta de pandemias que se alastram pelos continentes (Figura 3.11).

Figura 3.11: Tabuleiro do jogo Pandemic



Fonte: BoardGameGeek (2018)

3.4.2 A Conceituação

Nesta fase foram definidas duas premissas importantes do jogo, a primeira em relação ao tempo da partida que não deveria exceder duas aulas, aproximadamente uma hora e quarenta minutos. A outra em relação ao número de jogadores que não deveria ser maior que quatro jogadores.

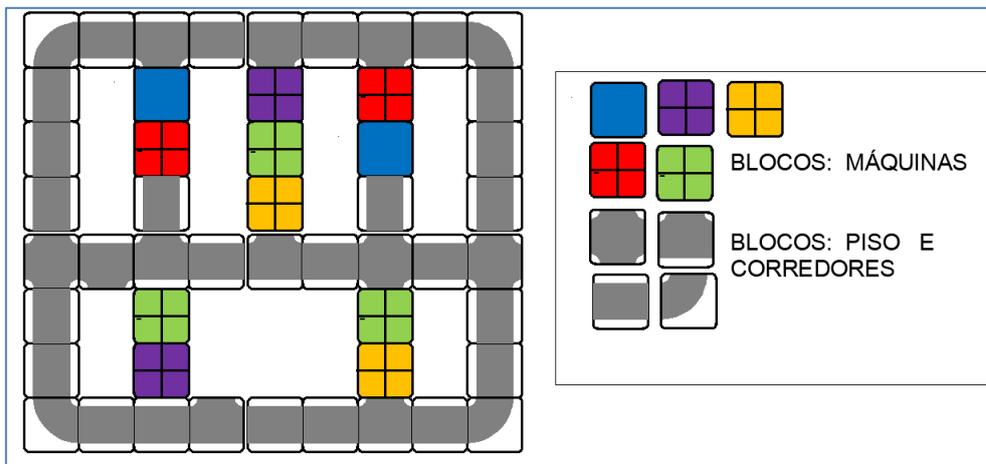
O jogo AR→FI deve ter como principal objetivo educacional a consolidação de conceitos e técnicas de seleção de arranjo físico, para isto os alunos já devem ter recebido um conteúdo teórico sobre o tema abordado no jogo.

3.4.3 Estruturação

3.4.3.1 O tabuleiro do jogo AR→FI

Com base nas mecânicas apresentadas, a proposta do jogo AR→FI é que o tabuleiro seja construído com peças que representem as máquinas, corredores e o piso de uma fábrica (Figura 3.12). A representação dos componentes é simples e o desafio (quebra-cabeças) é posicionar as máquinas e corredores de forma a se obter um arranjo físico que resolva o problema proposto pelas regras do jogo, e atinja o objetivo final de obter os menores custos de transporte entre os setores. As placas que representam cinco máquinas receberam cores para identificar as peças produzidas por elas, e as placas dos corredores uma faixa representando os próprios corredores.

Figura 3.12: Montagem com as peças do jogo AR→FI

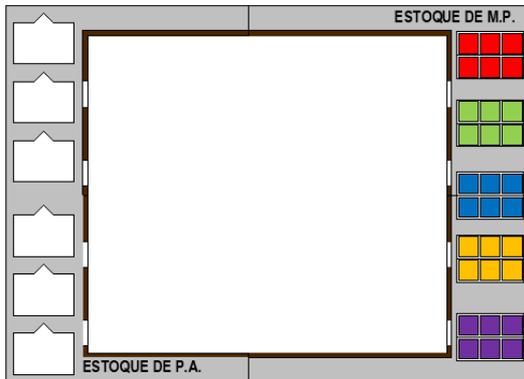


Fonte: O autor

Uma base para a montagem do arranjo físico foi desenhada com as áreas de estoque de matérias primas e estoque de produtos acabados, representando mais dois setores na fábrica (Figura 3.13). A área de estoque de matérias primas (M.P.) tem as cores das peças que serão fabricadas, e do lado do estoque de produtos

acabados (P.A.) espaços para posicionar as peças prontas, que passaram por todas as máquinas e as cartas de demanda.

Figura 3.13: Base para montagem do tabuleiro



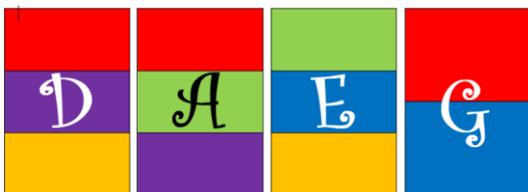
Fonte: O Autor

3.4.3.2 Os componentes do jogo AR→FI

Foram desenvolvidas, para simular uma aleatoriedade, as cartas de demanda que representam os produtos que devem ser produzidos pela fábrica, em uma estratégia de fabricar para estocar (*“make-to-stock”*). As cores das cartas representam as cores das peças fabricadas (Figura 3.14).

O baralho é composto de cem cartas com uma combinação de três ou duas cores entre: vermelho, verde, roxo, azul e amarelo em quatro cartas nomeadas com as letras “A”, “D”, “E” e “G”. Cada carta tem uma quantidade diferente dentro do baralho, determinada por meio dos testes de desenvolvimento do protótipo inicial, representando probabilidades de determinada carta ser sorteada de 44%, 12%, 22% e 22% respectivamente. Obtendo-se assim produtos com maior e outros com menor demanda média conhecida. Esta é uma informação importante para o projeto do arranjo físico, que deve priorizar os fluxos com maior demanda. Os volumes produzidos das peças fabricadas e seus custos de transporte impactam diretamente no resultado do jogo.

Figura 3.14: Cartas de demanda



Fonte: O Autor

Cinco componentes representam as peças fabricadas pela fábrica (Figura 3.15), representada pelo arranjo físico do jogo AR→FI, estas peças nas cores vermelho, verde, roxo, azul e amarelo, combinadas com as cores das cartas de demanda representam os produtos acabados.

Figura 3.15: Peças fabricadas



Fonte: O Autor

Para controle de pontuação das equipes foi desenhada uma tabela de anotação do resultado de cada turno. Cada produto atendido, ou não, representa pontos que serão contabilizados para se verificar a equipe com melhor desempenho na gestão da fabricação e atendimento da demanda.

A quantidade de peças produzidas para atender a demanda será utilizada na mesma tabela, Figura 3.16, por meio de uma matriz para lançar os custos de deslocamento das peças entre os setores da fábrica AR→FI. A equipe que apresentar a menor soma destes custos, será a vitoriosa no projeto do arranjo físico.

- Regras constitutivas, que representam as estruturas formais sob as regras escritas e representam a lógica e matemáticas necessárias para superar os problemas do jogo;
- Regras implícitas, são as regras comportamentais, estão ligadas a etiqueta e ao espírito esportivo.

Nos jogos educativos as regras constitutivas são as mais importantes, pois estão relacionadas as habilidades e estratégias que precisam ser construídas mentalmente para resolver os problemas encontrados, de forma melhor que nossos oponentes. Elas são importantes para analisar o contexto educacional do jogo, visto que nem sempre são claras para todos os jogadores e podem ser utilizadas como ferramenta de avaliação de aprendizagem do conteúdo educacional proposto pelo jogo (KALMPOURTZIS, 2018).

As regras do primeiro protótipo do jogo AR→FI (Figura 3.17) estão detalhadas no Apêndice C.

Figura 3.17: Primeiro Protótipo do Jogo



Fonte: O Autor

3.4.4 Construção

A fase construção é apresentada no capítulo 4, a seguir, em resultados e discussões.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TESTES DO JOGO

Os encontros, para testes dos protótipos do jogo AR→FI, ocorreram em sala de aula da Fatec de Itatiba, em dias preestabelecidos, após o término da aula e tinham uma duração média de 40 minutos. O último teste ocorreu na Fatec de Jundiaí em um dia agendado, dentro do horário normal de aula da disciplina de Administração da Produção, e teve uma duração de aproximadamente 2 horas.

4.1.1 Primeiro Teste

O protótipo inicial foi apresentado ao primeiro grupo de alunos participantes, o “grupo de início” para um primeiro contato com o jogo.

O objetivo desta apresentação era recolher as primeiras impressões dos alunos sobre os componentes, as mecânicas e regras iniciais propostas. No entanto não foi realizada nenhuma partida com o jogo pelos alunos.

O primeiro protótipo construído em cartolina e papel não apresentava rigidez suficiente para o apoio nas carteiras de escola, com pouco espaço, e as peças em papel eram muito difíceis de se manusear e caíam com facilidade.

A primeira sessão iniciou com o moderador, o autor desta pesquisa, apresentando o jogo, seus componentes e as regras, e depois, por meio de algumas perguntas abertas a todos iniciou-se uma fase de discussão sobre a proposta.

A primeira pergunta foi sobre a primeira impressão do jogo, o que eles achavam da proposta. Os comentários foram de vários alunos.

- Interessante [...] interessante [...] tem potencial [...]

A segunda pergunta aberta a todos foi para verificar se os alunos conheciam algum jogo parecido com a proposta de montar as peças para formar o tabuleiro. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 1: - é tem um jogo que chama “Carcassonne”, você monta o caminho, tem que fazer o caminho [...] e por ai você vai colocando os fazendeiros [...] as cidades, as cidades eu posso ver como as máquinas, só que aqui estaria pronto, iniciaria pronto, mas o caminho eles chamam de “tiles”. Os “tiles” ficam

escondidos e na hora de jogar cada um escolhe um aí vai olhar e onde coloco este? bom [...]esse vai ser bom pra mim aqui [...] bom se eu tenho uma máquina aqui né, eu não tenho nada aqui, mesmo que eu não tenha nada conectado.

- Aluno 2: como é um jogo de dupla, você colocou um caminho e eu quero atrapalhar você[...]
- Mediador: - não, as duplas vão trabalhar juntas e a disputa será entre outras duplas[...]

A terceira pergunta é sobre como os participantes entenderam a montagem do tabuleiro, a disposição das máquinas, corredores e o fluxo dos materiais entre o depósito e a expedição. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 3: - ele sempre saído por aqui, o único melhor caminho possível é vir em linha reta [...]"
- Aluno 1: - mas dependendo da limitação das peças de caminho, você não consegue fazer tudo em linha reta [...] você pode limitar, mas se você tem oito espaços e coloca sete peças não tem como fazer tudo reto, vai depender do jogo.
- Aluno 4: - mas isso que você falou de colocar só retas e as máquinas assim, de qualquer jeito teria que necessário uma intersecção [...] (problema de montagem no corredor)
- Mediador: - por isso há várias saídas e entradas no depósito e na expedição
- Aluno 3: - então tem que ver quantos cruzamentos tem que ter [...]
- Aluno 4: - não precisa usar tantos, por exemplo usar uma intersecção entre a máquina três e cinco e o resto deixar normal;
- Aluno 3: - todo turno vai ter obrigatoriamente três cartas de demanda? [...] podia definir o número de cartas num dado, mas podia sair seis cartas;
- Aluno 1: - ou por exemplo você pode limitar as ações, você tem dez ações e vai usar também as ações para abrir os pedidos, então se eu abrir um pedido eu tenho nove ações, se eu abrir o segundo pedidos vou ter oito ações, quanto mais pedidos eu abrir menos ações para poder atender os pedido [...] então não adianta pegar muito pedido que você não vai conseguir atender [...]
- Aluno 4: - mas o negócio é atender a demanda [...] o pedido chega você tem que se virar para atender o mais rápido
- Mediador: - a demanda dos produtos foi determinada pelo número de cartas de pedido, não pode ser totalmente aleatória, para poder programar a produção. As cartas de pedidos foram construídas desta forma, tem mais cartas de um pedido que de outro, então você precisa se programar [...] opa minha demanda maior é deste produto, então você precisa estar preocupado em sempre ter essas peças no meu estoque.
- Aluno 1: - mas pode ser que todas essas cartas estejam no final do baralho.
- Mediador. - é, pode ser que você tenha um mês que só entre um tipo de pedido.
- Aluno 4: - sim, mas tem várias outras peças [...] então tipo precisa fazer uma intersecção entre as peças que saem mais e os pedidos, então as peças vermelhas que mais saem, depois roxo assim você se programa [...]

A quarta pergunta, aberta a todos, foi: Vocês acham que na montagem do tabuleiro deveria haver algumas restrições? Como na realidade: presença de colunas, locais determinados para processos específicos, como: coifas,

equipamentos de içamento etc. Para dificultar a montagem. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 3: - se você for usar em aula pra com que já dominou o básico é bom, mas acho que precisa aprender isto aqui primeiro
- Aluno 1: - o que o pessoal faz muito é criar expansões, você cria o jogo base e depois cria as expansões, aí você vai deixando o jogo mais difícil, mais elaborado [...] isto é depende do setup do jogo vai ficar mais fácil ou difícil [...] como no “jogo Pandemic”.

Em relação a aparência do jogo houve sugestões espontâneas, em relação a construção final do jogo. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 5 : Precisa pensar desde a arte do tabuleiro as peças e nos possíveis materiais que poderia fazer ele, de forma que as peças se encaixassem....depois quando for fazer uma produção disso a gente faz uma faca "de corte" por que aí dá o encaixe perfeito [...] no papelão imprime e corta perfeito [...]
- Aluno 1: Aí você coloca o nome nas peças, nas máquinas os produtos, o que é os pedidos, aí junto como pedido vem o nome da empresa ...a empresa de sapatos "Jacaré Banguela" [...] ou pode ser um “produto” eletrônico.

Dessa primeira discussão resultaram sugestões e a necessidade de alterações importantes, que precisaram ser implementadas para seguir adiante nos próximos testes, conforme resumo apresentado no Quadro 4.1.

Quadro 4.1: Resumo do resultado do primeiro teste e melhorias no jogo.

(continua)

Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Tabuleiro	A melhor montagem dos corredores do estoque para a expedição seria em linha reta	Para diminuir os trajetos os alunos pensavam em utilizar todas as portas do estoque e do recebimento	Não foram feitas alterações, seria verificado no próximo teste durante o jogo o impacto dessas portas na montagem dos corredores
Tabuleiro	Deveria haver mais peças de cruzamento para construir os corredores a partir de todas as portas	Necessário determinar um número de cada tipo de peça que forma os corredores, isto seria uma restrição ou não, que só se verificaria durante as partidas do jogo.	Determinadas as quantidades de peças que compõem os corredores
Tabuleiro e componentes	Necessário se pensar nos materiais para produção do jogo	O protótipo não é rígido o suficiente para simular uma partida	Construção de um novo protótipo com material mais rígido para o tabuleiro e componentes

Quadro 4.1: Resumo do resultado do primeiro teste e melhorias no jogo.

Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Regras		Necessário desenvolver regras mais claras quanto a montagem dos corredores.	Foram definidas algumas formas de montagem que não seriam aceitas
Regras	Não deveria haver mais restrições na montagem do tabuleiro	Descartou-se a ideia de implementar restrições na montagem do tabuleiro	Nenhuma
Regras	As cartas com os pedidos a serem atendidos poderiam ser sorteadas ou serem trocadas por pontos de movimentação.	Não houve um consenso entre as propostas dos alunos e a regra atual	Não foram feitas alterações, seria verificado no próximo teste durante o jogo.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.2 Segundo Teste

Para o segundo teste foi construído um protótipo com tabuleiro em papelão e peças em papel pluma, o que deu mais resistência e possibilidade de encaixe das peças com firmeza.

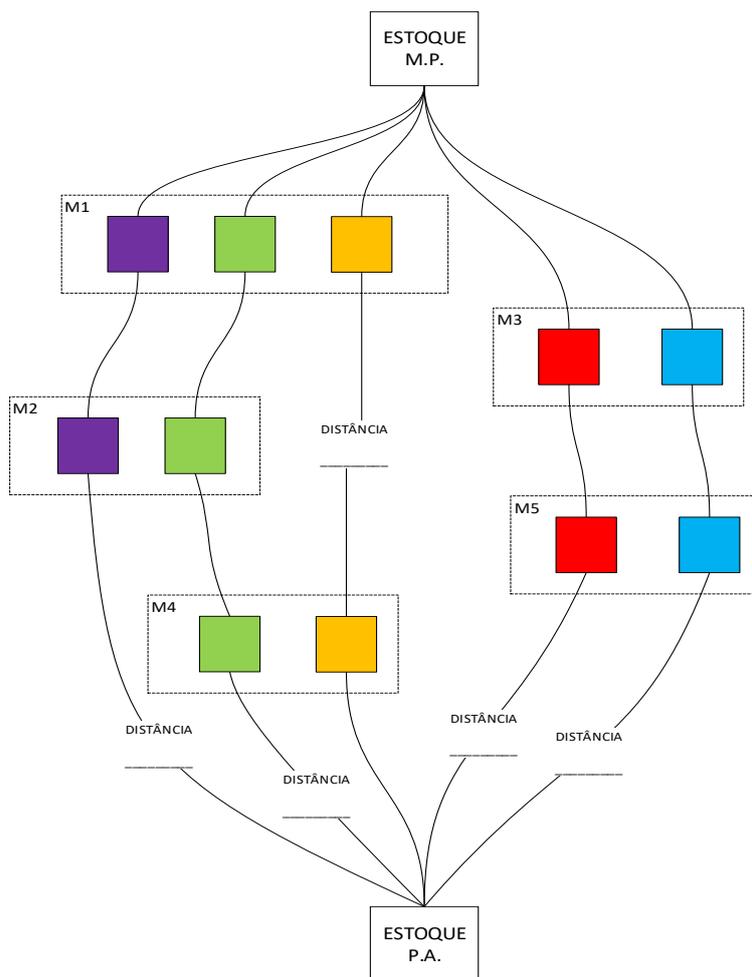
Neste segundo encontro com o grupo de início se deu uma grande discussão sobre as regras de montagem do arranjo físico. Como já conheciam, com as regras de montagem na mão, partiram para montar as máquinas e corredores no tabuleiro. Mas, devido ao desenho (Figura 4.1) do fluxo das peças pelos setores das máquinas estar nas regras, as duas equipes foram induzidas e montar o mesmo arranjo físico (Figura 4.2). Após a constatação pelo mediador do ocorrido, houve várias sugestões para melhoria. Seguem informações sobre algumas interações:

- Mediador: - vocês seguiram o diagrama, e montaram o mesmo *layout*, mas sem ele como entender o agrupamento das máquinas?
- Aluno 4: - sem ver o desenho fica a dúvida do caminho que pode ou não pode e, como elas se formam, cada máquina "
- Aluno 5 - [...] a gente entendeu, como já existia um fluxo, a gente precisava colocar ele no projeto [...]
- Aluno 6: - [...] fica interessante porque você tem as pistas (corredores) [...] agora a apresentação de com o você pôr, o que pode ser feita por setores, eu sei que nesse setor tem que ocorrer isto, como ele vai estar a pessoa tem que montar [...]
- Mediador: - criar setores na base do tabuleiro, seis áreas para montagem das máquinas?
- Aluno 6: - cada tipo de máquina no seu setor [...] no primeiro setor fica esta máquina, no segundo a outra e assim por diante [...]
- Aluno 4: - acho que para representar cada máquina deveria ser feito um gabarito como de batalha naval, cada navio [...] sem mostrar a ordem delas, mas como

compõem cada máquina [...] estas duas operações formam a máquina X, as três formam a "Y" [...]

- Aluno 5 - [...] você vai produzir o material A, que precisa dessas três peças, o material B, precisa dessas duas, então de acordo com o material que ele vai produzir, acho que deveria ter alguma carta dizendo [...] você vai produzir material A, que utiliza a máquinas roxa, verde, amarela [...] o material B usa [...] então uma carta para cada material e as máquinas que usa [...]
- Aluno 5 - [...] tem que saber a sequência, o que pode usar é máquina e o número da máquina [...] igual aqui, a gente via que aqui tá 1, 1 e aqui 2, 2 então a gente sabe a sequência, vai fazer a 1, vai voltar pra fila, vai fazer a 2 .e vai voltar pra fila [...]

Figura 4.1: Desenho das regras do fluxo de peças pelos setores



Fonte: O autor

Figura 4.2 Montagem do tabuleiro por duas equipes



Fonte: O autor

Também voltou ao debate a posição das peças no estoque e a preocupação do grupo em relação a distância percorrida no atravessamento, deveria haver uma possibilidade de escolha das posições, já que no protótipo as cores indicavam a posição das peças sem possibilidade de escolha. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 3: - aqui precisa da peça roxa, então tem que estar próximo do estoque da peça roxa, se for para implantar isso, não seria legal os estoques também serem móveis? [...] aqui por exemplo eu quero deixar o azul e vermelho juntos [...] e do outro lado do corredor o estoque do amarelo roxo e verde [...]
- Aluno 5: - [...] aí o corredor vai até a máquina, [...] um corredor em cada porta, se a gente se fosse mover a matéria prima, a gente colocaria a matéria prima mais próxima de cada máquina.
- Aluno 5: - [...] aí a gente conta isso como um tempo [...] um deslocamento da matéria prima até o equipamento [...]

Devido ao tempo das discussões e problemas encontrados não foi possível jogar para testar as regras, o resumo das sugestões e melhorias do segundo teste estão apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2: Resumo do resultado do segundo teste e melhorias no jogo

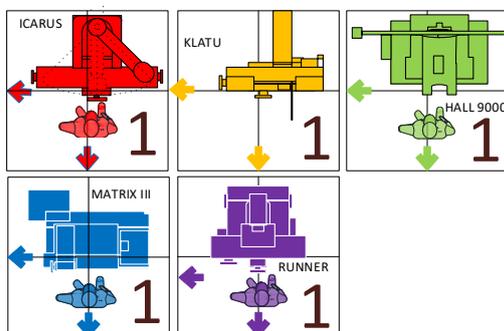
Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Tabuleiro	O desenho de um fluxo das peças pelas máquinas induziu a uma montagem do arranjo físico. De outra forma as peças precisariam de uma numeração da sequência de operações.	Não seria possível identificar o fluxo das peças somente pelas cores das peças e das máquinas.	As máquinas foram redesenhadas ganhando nomes e o número da operação da peça, mantendo as cores das peças. Foi criado um fluxo inverso e o arranjo físico deveria ser orientado por uma Carta de Processos Múltiplos.
Tabuleiro	A seleção da posição das peças nos estoques deveria ser livre.	O estoque e recebimento deveriam ter menos portas, mais adequado a realidade.	Estoque de peças sem cores e utilização de duas portas em ambos os depósitos

Fonte: O autor

4.1.3 Terceiro Teste

Com as alterações implementadas para o terceiro teste, com as placas das máquinas com imagens representando máquinas e seus nomes, bem como a numeração referente a sequência da operação. Mantendo as cores das máquinas igual a das peças que passarão por elas, facilitando assim sua rápida identificação, Figura 4.3.

Figura 4.3: Placas com as máquinas



Fonte: O autor

Nas regras também se substituiu o desenho do fluxo das peças pelas máquinas por uma Carta de Processos Múltiplos (Figura 4.4), com a inclusão de operações em fluxo contrário das demais.

Para o terceiro teste foram convidados alunos, do grupo de início, que não haviam participado do teste anterior, e não conheciam o arranjo físico que foi montado induzido pelo desenho do fluxo.

Figura 4.4: Carta de Processos Múltiplos



Fonte: O autor

A Figura 4.5 ilustra a participação dos alunos. O resultado foi muito bom e não houve dificuldades para montar, como mostra os comentários dos alunos. Seguem informações sobre algumas interações:

- Mediador: - Mas o que vocês acharam dessa mecânica da montagem do tabuleiro agora?
- Aluno 8: - muito legal [...] é uma simulação
- Aluno 1: - principalmente para quem vai fazer a matéria pela primeira vez, e não tem ideia nenhuma do que fazer, é montar, começar a jogar e depois verificar [...]
- Aluno 7: - então, se você não monta fica uma coisa meio abstrata [...] aqui não, vou fazer isso, isso, isso pro produto se movimentar desse jeito, aí conforme você vai fazendo, aí não dá pra fazer isso, aquilo, por algum motivo [...]
- Aluno 1: - agora com este tabuleiro que as peças se encaixam, fica mais fácil ainda de visualizar, e você fazer o movimento.
- Mediador: - sim a ideia depois é travar todas essas peças com as peças que sobraram, se você preencher todas elas formam o chão, e elas ficam bem firmes.
- Mediador: acho que dá fazer tudo em papelão [...]
- Aluno 1: - eu acho que ficou muito bom, é barato, ecologicamente correto [...] o tabuleiro não mexe, ficou muito bom [...]

- Aluno 8: - é e ficou bonito.
- Aluno 1: - não, exatamente, ficou bonito.
- Mediador: - e aí vamos ver como ficou o fluxo aí? Por exemplo, da peça verde[...]vamos contar o número de casas, para calcular o custo de deslocamento da peça, então a peça vai sair daqui então: um, dois [...] vinte e cinco casas [...]
- Aluno 8: - caramba, tá dando muita volta eu acho.
- Aluno 1: - vai ficar muito caro [...] mas é por que entra aqui e tem que atravessar [...]
- Aluno 8: - se a gente fizer ao contrário, pegar está aqui colocar aqui, esta traz pra baixo [...]
- Mediador: - não, a ideia agora é jogar, depois vamos aplicar a metodologia [...] montar a matriz para quantificar os fluxos, é aquela matriz que vai dar o resultado, que máquina que tem que ficar perto de que máquina, que máquina tem que ficar perto do almoxarifado [...] perto da expedição
- Aluno 1: - o princípio do jogo é montar “errado”, pra rodar, aí você pega os dados e faz o melhor arranjo.
- Mediador: - aqui realmente é difícil de entender, mas num *layout* é assim, se faz vários, até chegar numa solução próxima da ótima.

Figura 4.5: Montagem do tabuleiro



Fonte: O autor

Devido ao pouco tempo deste encontro não foi possível realizar o jogo, no Quadro 4.3 estão as melhorias propostas e alterações do jogo.

Quadro 4.3 Resumo do resultado do terceiro teste e melhorias no jogo

Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Tabuleiro	Não houve	O número de portas precisa ser revisto, elas também precisam ser restrições no arranjo.	Foram alteradas para duas portas no recebimento e duas no almoxarifado.
Componentes	Não houve	As setas não tiveram função para indicar o fluxo, pois não se adequaram as montagens.	Precisariam mais testes, para definir sua real necessidade.

Fonte: O autor

4.1.4 Quarto Teste

Neste quarto teste o jogo foi realizado com o tabuleiro montado conforme o teste três, (Figura 4.6), seguindo as regras do jogo. Houve comentários importantes para melhoria do jogo pelo grupo de início, em relação às regras e principalmente ao tempo de duração da partida, conforme os comentários dos alunos.

Figura 4.6: Quarto teste



Fonte: O Autor

O impacto da redução no número de portas do almoxarifado e do recebimento foi percebido como uma restrição na pontuação final. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 1: - produziu 44% tá certo [...] bateu.
- Aluno 1: - quando a gente montou, a gente montou em relação a três saídas, e aqui a gente só usou duas [...] por que aqui, por exemplo, tem a saída do "dois" (vermelho) [...]
- Aluno 2: [...] ia andar menos. O vermelho ia andar menos [...]

Em relação ao sistema de pontuação do jogo houve sugestões para deixar mais claras as duas formas de pontuar. Seguem informações sobre algumas interações:

- Mediador: - o que vocês acharam da movimentação dos pontos de ação?
- Aluno 1: - no total dos pontos o que seria bom e o que seria ruim?
- Mediador: - são duas análises diferentes, análise da dinâmica da produção e a do *layout*.
- Aluno 1: - precisa desenvolver um método de pontuar, se é bom é ruim ou é médio [...] porque lá fica muito evidente que têm de mexer, porque tá andando demais, tá dando uma distância enorme, valor muito caro. Mas aqui fica claro que tem que melhorar.
- Aluno 1: - o mais importante é achar aquela a pontuação, aquela parte da recompensa, consegui 114 e aí?

- Aluno 1: - [...] é a parte conceitual de aprender vai ser aqui, agora dos pontos os caras: eu ganhei de vocês! Ou perdi! Sou melhor!
- Aluno 2: - [...] tipo até 50 é um, até 100 e passou de 100 é outro
- Aluno 1: - acho que dá mais [...] acho que pontuação máxima desse jogo é 300 sei lá, 250 a 300 é o especialista em *layout*!

Outro ponto importante, foi em relação ao chegar nos turnos finais e não haver mais peças vermelhas para atender a demanda, a discussão sobre este problema gerou algumas opções de melhorias. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 1: - das 45, 35 saem vermelhas, o problema está na matéria prima,
- Aluno 1: - [...] o problema que não tem matéria prima, o vermelho para atender. Na última rodada não tinha mais, aqui nem no almoxarifado, não quer dizer que está errado, é a sorte de sair os pedidos. É provável que aconteça mais nos jogos [...]
- Mediador: - só se reduzirmos o número de rodadas.
- Aluno 2: - sim pra 8, 9.
- Mediador: - uma possibilidade de comprar peças, o que vocês acham?
- Aluno 2: - seria legal, porque aí vai ter a decisão, porque faltou aí poderia comprar mais. Poder comprar, mas ele vai comprar, a compra dele pode ser o movimento, comprar uma peça vermelha eu uso com três movimentos!
- Aluno 1: - um ou dois movimentos para você comprar uma peça a mais, ou limitar a ação de compra três vezes no jogo [...] três chances no jogo.

Houve um consenso nesta discussão que a possibilidade de compra de peças poderia estender a duração da partida. Seguem informações sobre algumas interações:

- Aluno 1: - são duas pontuações, o custo de movimentação e a produção
- Aluno 1: - talvez pra sala de aula, tenha que usar metade dos turnos, tem um tempo melhor para jogar os dois grupos, assim dá tempo pra montar e jogar. Nós demoramos quase uma hora, um tempo melhor pra jogar os dois modos (montar o tabuleiro e jogar).
- Aluno 1: - [...] é porque tem o conceito, tem que aplicar o conceito depois.
- Aluno 2: - pra montar nos demoramos quase 1 hora [...]
- Aluno 1: - 8 rodadas é melhor e elimina essa variante, vermelho já não acaba.

Sobre as percepções dos alunos da proposta do jogo, seguem informações sobre algumas interações:

- Mediador: - o que acharam do jogo?
- Aluno 2: - achei muito legal, quebra bastante a cabeça [...]
- Aluno 1: - jogando eu achei bem legal mesmo.

- Aluno 1: - o impacto principal desse jogo e a primeira vez que for jogar, depois é jogar, fazer dar certo.
- Aluno 1: - uma hora montar e outra hora jogar, porque vai ser duas pessoas vai se umas quatro [...]

Devido ao pouco tempo deste encontro não foi possível realizar o jogo, no Quadro 4.4 estão as melhorias propostas e alterações do jogo.

Quadro 4.4: Resumo do resultado do terceiro teste e melhorias no jogo

Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Condição de vitória	Deixar mais claro como seria classificado o vencedor.	A condição de vitória é importante num jogo, pois é parte fundamental da motivação em jogar.	A condição de vitória foi definida como a equipe que tivesse o melhor desempenho na gestão da produção e o melhor resultado nos custos do arranjo físico. Foram criadas seis categorias de premiações.
Final do jogo	Não é possível chegar aos turnos finais atendendo todos os pedidos por falta de peças, uma opção seria a compra de peças.	Esta opção foi descartada por influenciar no tempo do jogo.	Não há
Final do jogo	Redução dos turnos de 10 para 8, para não faltar peças no final do jogo.	Não há	Redução dos turnos de 10 para 8

Fonte: O autor

4.1.5 Quinto Teste

Este último teste foi realizado com alunos do grupo de mesa, Figuras 4.7 e 4.8, que não conheciam o jogo, de modo a testar se as regras estavam claras, a jogabilidade e aceitação do jogo como suporte ao ensino. Foram formadas quatro equipes com cinco alunos para realizarem as duas fases do jogo, a primeira a montagem do arranjo físico e a segunda a movimentação de peças para atender da demanda, a fim de coletar os dados e calcular os resultados.

Figura 4.7: Teste de mesa



Fonte: O autor

Figura 4.8: Teste de Mesa



Fonte: O Autor

As regras do jogo foram passadas a todos, em forma de *slides* de apresentação em duas fases, a primeira da montagem do arranjo físico, e somente quando terminaram esta fase, foram apresentadas as regras da movimentação das peças.

Este grupo de mesa, como se esperava, teve uma dificuldade maior que o grupo de início para entender as regras da montagem do arranjo físico. Enquanto o grupo de início, do 5º semestre, já tinha mais conhecimento em disciplinas de gestão da produção, bem como muitos trabalham na indústria, o grupo de mesa somente tem uma disciplina de administração da produção no 3º semestre, e ainda acompanhavam o conteúdo de arranjo físico industrial.

Isto levou os alunos a uma percepção que demoraram demais para montar o arranjo físico, no entanto o tempo foi muito próximo do tempo do grupo de início, em torno de 50 minutos. Esta percepção pode ter sido causada pela ansiedade de resolver a fase do arranjo físico para passarem para a fase de movimentação das peças, pela falta de conhecimento e ou experiência em produção e pela própria experiência do jogo.

Esta sessão apresentou contribuições dos alunos para melhoria do jogo e por meio de perguntas abertas para três equipes. Seguem informações sobre algumas interações:

- Mediador: - O que vocês acharam do jogo para aprender sobre *layout*?
- Aluno 1: -[...] eu gosto de quebra cabeças [...] nossa muito difícil de mais [...], mas é bom.
- Aluno 2: - Jogar é mais simples [...], mas em cinco é difícil.
- Aluno 3: - [...] legal interessante mesmo [...] muito legal [...] só que assim na hora de entender um pouquinho só [...] que ficou meio complicado[...]só um pouco complexo na hora de você desenvolver jogo, no *layout* não, no *layout* a gente está estudando agora, a gente procurou fazer um *layout* certo [...]
- Aluno 2: - a gente se perdeu na contagem dos pontos, tinha o numerinho nas cartas, mas [...]
- Aluno 1: [...] a gente não sabia [...] que tinha que relacionar o número da carta [...] ficou faltando alguma informação.
- Aluno 3: - [...] pode aplicar em outras disciplinas! [...]
- Mediador: - O que vocês acharam do jogo para aprender sobre *layout*?
- Aluno 4: - [...] eu gostei, achei que a gente foi bem [...]
- Aluno 5: - [...], mas então professor [...] eu cheguei em casa [...] e fiquei pensando num *layout* melhor...eu mandei mensagem ainda pra ele [Aluno 4] [...] olha acho que a gente tivesse feito assim, assim seria ideal não ia dar tanta volta [...]
- Aluno 4: - [...] achei superinteressante [...] adorei.
- Aluno 4: - [...] a gente colocou tudo na mesma direção, a gente não girou nenhuma peça, por que [...]a gente não achou que não ia ter lógica [...]
- Aluno 5: - [...] eu achei que deveria ser mais aplicado, mais vezes jogos assim, pra gente.
- Aluno 4: - é, por quê?
- Aluno 5: - [...] pelo menos assim a gente teria uma noção maior , por que isso aqui [...] você querendo o não, facilitou pra caramba [...] pra gente ter um raciocínio de como funciona dentro de uma gestão de uma produção [...] a preocupação que a gente tem que ter [...] muito legal, tem que aplicar mais vezes!
- Mediador: - O que vocês acharam do jogo para aprender sobre *layout*?
- Aluno 6: - [...] não foi fácil pra gente montar o *layout*.
- Aluno 7: - [...] se diminui-se o tempo pra arrumar o *layout* e aumenta-se o tempo pra gente jogar [...] seria mais legal [...]
- Aluno 7: - [...] muito legal [...] pelo menos uma coisa fora desse monte de matéria [...] acho que podia ter mais jogos assim, mais aulas dinâmicas [...] é eu acho assim, tem umas aulas que não dá! [...] é matéria da hora que a gente chega a hora que a gente sai [...] tipo só slide e falando sabe, aí não dá [...]

A percepção dos alunos sobre a jogabilidade e as contribuições do jogo para a aprendizagem do tópico de arranjo físico, que estão resumidas no Quadro 4.5.

Quadro 4.5: Resumo do resultado do quinto teste e melhorias no jogo

Item	Observações e comentários dos alunos	Observações do moderador	Melhorias e alterações no jogo
Regras	Dificuldade de entendimento das regras de montagem do arranjo físico, da movimentação das peças e marcação dos pontos.	Pode ser melhorado	Utilizar mais ilustrações nas regras do jogo.
Duração do jogo	Demorou demais para montar o <i>layout</i>	Falta de entendimento claro das regras e pouco conhecimento de tópicos de administração da produção, por não ser o foco do curso.	Não há.

Fonte: O autor

4.1.6 Questionário

No final do quinto teste, observou-se uma importante contribuição no discurso dos alunos em relação as questões que procuraram investigar a percepção dos alunos em relação aos objetivos desta pesquisa. Este envolvimento dos alunos permitiu colocar algumas questões abertas para responderem por escrito e individualmente, de modo a aprofundar o conhecimento do sentimento coletivo sobre o jogo AR→FI. Três questões foram selecionadas e aplicadas no grupo de início e no grupo de mesa:

Questão 1: O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?

Questão 2: Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?

Questão 3: Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?

Na questão 1 procurou-se entender como os alunos perceberam o jogo, em relação aos seus elementos e a experiência de jogar. Na questão 2 se os alunos reconheceram e aceitaram o jogo como uma ferramenta instrucional e na questão 3 se houve uma conexão da experiência de jogar com os objetivos instrucionais.

O resultado da codificação das respostas, com auxílio do *software* ATLAS.ti, são mostradas abaixo, no Quadro 4.6. As categorias de análise, os códigos, e sua atribuição nos trechos das respostas, as citações. O primeiro número da citação se refere ao número da questão.

Quadro 4.6: Amostra da codificação e categorização das respostas

(continua)

Código: Aprendizagem

Definição: Evidencia a percepção do respondente sobre o jogo facilitar a aprendizagem do tema.

Citações:

- 1:22 [...] me ajudou a entender melhor sobre o arranjo físico
- 1:40 [...] facilitando a aprendizagem de alunos que não têm a vivência no chão de fábrica [...]
- 1:48 [...] ele te ensina a ter um pensamento estratégico de como fazer uma linha [...]
- 2:26 Com clareza foi possível entender o conceito com mais facilidade e uma visão [...]
- 2:50 [...] pois o jogo que ensina fazer um melhor arranjo das máquinas dentro da [...]
- 3:38 [...] é de fácil acesso ao conhecimento do tema abordado.
- 3:47 [...] com certeza ajudará muitos alunos com aprendizado da disciplina.

Código: Aprovação

Definição: Evidencia na resposta a aprovação do questionamento.

Citações:

- 2:6 Sim, com certeza [...]
- 2:11 Sim concordo [...]
- 3:14 Contribui bastante [...]
- 3:18 Sim [...]

Código: Elaborado

Definição: Indica que os elementos do jogo criaram uma experiência de jogo agradável.

Citações:

- 1:34 Jogo bem elaborado [...]
- 3:37 jogo muito bem elaborado [...]
- 3:49 toda a proposta bem elaborada [...]

Código: Colaborativo

Definição: Evidencia a percepção do respondente em identificar a mecânica do jogo colaborativo

Citações:

- 1:26 [...] também fez os alunos a pensarem na melhor estratégia para minimizar [...]
- 2:47 [...] podemos nos interagir de forma mais espontânea testando e aprendendo [...]
- 3:40 [...] permite a realização de discussões em grupo [...]

Código: Dificuldade

Definição: Salienta as dificuldades encontradas na experiência do jogo.

Citações:

- 1:3 No começo foi um pouco confuso de entender como funcionava e como deveria [...]
- 1:37 [...] para possibilitar um maior aprendizado seriam necessárias algumas alterações [...]
- 1:45 De início apresentava ser algo muito complexo [...]

Código: Dinâmico

Definição: Denota que houve uma percepção do jogo sempre apresentar novos problemas.

Citações:

- 1:30 Foi um jogo muito dinâmico [...]
- 1:36 O jogo é dinâmico [...]
- 2:51 [...] por ser mais dinâmico.

Quadro 4.6: Amostra da codificação e categorização das respostas

(conclusão)

Código: Interessante

Definição: Denota a percepção do respondente sobre o jogo como ferramenta de ensino.

Citações:

1:15 [...] achei bastante interessante a forma [...]

1:21 Achei bem interessante [...]

1:55 Eu achei muito importante pois antes de entrar no curso [...]

Código: Lúdico

Definição: Evidencia a compreensão do respondente para a experiência de aprendizagem por meio do jogo.

Citações:

1:41 O jogo mostra de forma lúdica a importância do arranjo físico nas empresas [...]

2:42 [...] desenvolvimento e em forma de jogo fica mais atrativo para os jovens [...]

3:45 [...] ainda diverte o aluno com os desafios propostos [...]

Código: Mantém o foco

Definição: Indica que a experiência do jogo mantém os jogadores focados.

Citações:

1:16 [...] o jogo prende a atenção do jogador.

2:56 [...] prendendo melhor a atenção.

3:53 [...] e envolvente [...]

Código: Motivador

Definição: Indica que a experiência do jogo mantém os jogadores interessados.

Citações:

1:2 [...] me fez despertar referente a complicações e benefícios para se fazer [...]

1:52 [...] estimulando a criatividade a percepção na hora de criar um sistema de [...]

Código: Sintetiza um sistema complexo

Definição: Evidencia a percepção do respondente quanto a capacidade do jogo de representar sistemas complexos.

Citações:

1:20 [...] possível através do jogo observar o arranjo físico aplicado no ambiente de trabalho [...]

1:39 O jogo apresenta fisicamente a teoria dado em sala de aula de forma prática [...]

2:24 [...] permitir errar e observar com mais clareza os pontos que podem e devem [...]

3:42 [...] contribui muito pois é possível testar várias situações e modelar [...]

Fonte: O Autor

A Tabela 4.1 mostra a quantidade de vezes que cada código foi atribuído a uma resposta, analisando todos os 25 respondentes.

Tabela 4.1: Resumo da codificação de todos os respondentes

QUESTÕES	CÓDIGOS											
		Aprendizagem ●	Aprovação ●	Bem elaborado ●	Colaborativo ●	Dificuldade ●	Dinâmico ●	Interessante ●	Lúdico ●	Mantem o foco ●	Motivador ●	Sintetiza um sistema complexo ●
O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?		11	3	2	1	3	3	13	2	1	2	15
Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?		13	22	0	2	0	3	0	3	2	0	9
Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?		9	25	2	1	0	1	0	1	1	0	14

Fonte: O Autor

Nas respostas da questão 1 “O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?” destacam-se os códigos Aprendizagem (11x), Interessante (13x) e Sintetiza um sistema complexo (15x).

E na questão 2 “Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?” e na 3 “Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?” destacaram-se os códigos Aprendizagem (13x e 9x), Aprovação (22x e 25x) e Sintetiza um sistema complexo (9x e 14, respectivamente na 2ª e 3ª questão).

Em uma análise em separado dos grupos focais, apresentados nas tabelas 4.2 e 4.3, destaca-se uma diferença entre a quantidade de vezes que o código “Interessante” aparece no grupo de início (3 em 11 respondentes) e no grupo de mesa (10 em 14 respondentes), enquanto as demais ficam aproximadamente proporcionais ao número de respondentes nos dois grupos.

Tabela 4.2 Resumo da codificação dos 11 respondentes do Grupo de Início

QUESTÕES	CÓDIGOS										
	Aprendizagem ●	Aprovação ●	Bem elaborado ●	Colaborativo ●	Dificuldade ●	Dinâmico ●	Interessante ●	Lúdico ●	Mantem o foco ●	Motivador ●	Sintetiza um sistema complexo ●
O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?	5	1	2	0	2	1	3	2	0	1	7
Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?	5	10	0	1	0	2	0	2	1	0	4
Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?	3	11	1	1	0	0	0	1	0	0	6

Fonte: O Autor

Tabela 4.3: Resumo da codificação dos 14 respondentes do Grupo de Mesa

QUESTÕES	CÓDIGOS										
	Aprendizagem ●	Aprovação ●	Bem elaborado ●	Colaborativo ●	Dificuldade ●	Dinâmico ●	Interessante ●	Lúdico ●	Mantem o foco ●	Motivador ●	Sintetiza um sistema complexo ●
O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?	6	2	0	1	1	2	10	0	1	1	8
Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?	8	12	0	1	0	1	0	1	1	0	5
Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?	6	14	1	0	0	1	0	0	1	0	8

Fonte: O Autor

A análise mostra que a percepção dos alunos, dos dois grupos focais, quanto ao jogo facilitar a aprendizagem está nas respostas, em grande maioria, ligada a característica do jogo de sintetizar o sistema de arranjo físico de uma instalação, e pelo mesmo motivo a questão 2 e 3 tem a maioria de aprovação.

Esta é uma importante característica dos jogos de tabuleiro apontada por Castronova (2015), com suas partes móveis e a combinação de diferentes mecânicas de jogo, para explicar ou discutir de forma simplificada problemas de sistemas complexos.

Segundo Schell (2008) esta é uma aplicação onde os jogos e simulações são excelentes. A aprendizagem baseada em jogos traz a experiência no fazer, e permitem falhar, que além de divertido é educacional, porque os alunos não veem somente os erros, mas como eles aconteceram levando a um entendimento e uma visão sistêmica.

Fica evidente nas respostas esta associação, de como uma pequena representação de um sistema de arranjo físico pode levar ao entendimento e indagação dos problemas reais encontrados na prática.

O ineditismo da aplicação do jogo de tabuleiro para ensino dos conceitos de AFI aparece no código “Interessante”, que demonstra também de certa forma uma aprovação do jogo como ferramenta instrucional, esta percepção é demonstrada com mais ênfase pelos alunos do grupo de mesa que não conheciam o jogo. As duas falas a seguir representam muito bem a oportunidade e a falta da introdução das metodologias ativas:

Aluno na discussão do quinto teste:

- Aluno 7: - [...] muito legal [...] pelo menos uma coisa fora desse monte de matéria [...] acho que podia ter mais jogos assim, mais aulas dinâmicas [...] é eu acho assim, tem umas aulas que não dá! [...] é matéria da hora que a gente chega a hora que a gente sai [...] tipo só slide e falando sabe, aí não dá [...]

Aluno respondente da questão: O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?

É uma nova forma didática onde você pode desenvolver qual a melhor maneira de fazer um arranjo físico principalmente em novas empresas ou que estão em expansão de suas áreas.

Segundo Camargo e Darus (2018), hoje os estudantes universitários lembram em média 40% do que aprenderam mas não conseguem aplicar 10% disso. Se no passado era aceitável uma formação tradicional com forte base teórica, para depois na vida profissional desenvolver a prática, hoje com as mudanças na sociedade e inovações tecnológicas industriais, isto não é mais tolerado. Muito menos para um tecnólogo, conhecido no mercado como o profissional “*hands-on*”, aquele que põe a mão na massa, faz acontecer.

Portanto as metodologias tradicionais de ensino se tornam obsoletas com as demandas atuais por uma formação que desenvolva competências e habilidades exigidas pelo mercado. Por outro lado, as metodologias ativas têm como conceito a aprendizagem experiencial, onde os alunos são envolvidos em dinâmicas reais ao invés da construção abstrata. Segundo Wiggins (2016), o crescente aumento das IES pelo uso das metodologias ativas de aprendizagem, reflete a urgência em resgatar o interesse das novas gerações, nativas no meio digital, desinteressadas com a instrução tradicional. A contextualização centrada nos jogos oferece uma alternativa para buscar a aprendizagem em um meio motivador e já conhecido das atuais gerações que cresceram numa sociedade da comunicação e dos jogos, por isso, faz parte do mundo destes jovens participar ou estar envolvido com a linguagem dos jogos, individual ou em grupo, estar envolvidos em desafios, competições, sozinho ou em cooperação, faz parte da sua sociedade.

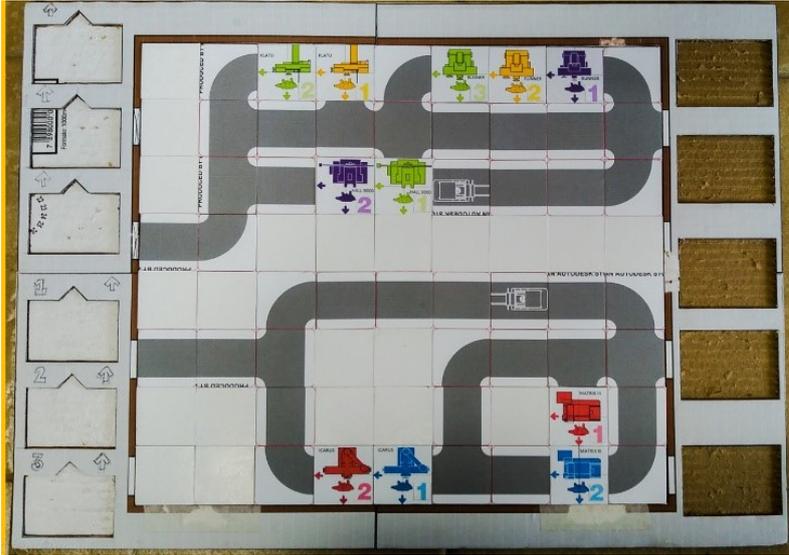
Por isso, torna-se cada vez mais presente no ensino, em todos os níveis, os jogos para inserir conhecimentos e habilidades, em um meio que os alunos já dominam. Segundo Bacich, Lilian e Moran (2017, p. 21), “A aprendizagem ativa mais relevante é a relacionada à nossa vida, aos nossos projetos e expectativas”.

4.2 ESTUDO DE CASO

Para avaliar os resultados do jogo AR→FI quanto aos objetivos do jogo, foi realizada uma sessão de testes com quatro equipes do grupo de mesa. O Jogo AR→FI apresenta dois objetivos sequenciais: o primeiro é a montagem de um arranjo físico que apresente os menores custos de transporte e o segundo objetivo é o atendimento de uma demanda de produtos, de modo a quantificar o fluxo de materiais pelo arranjo físico.

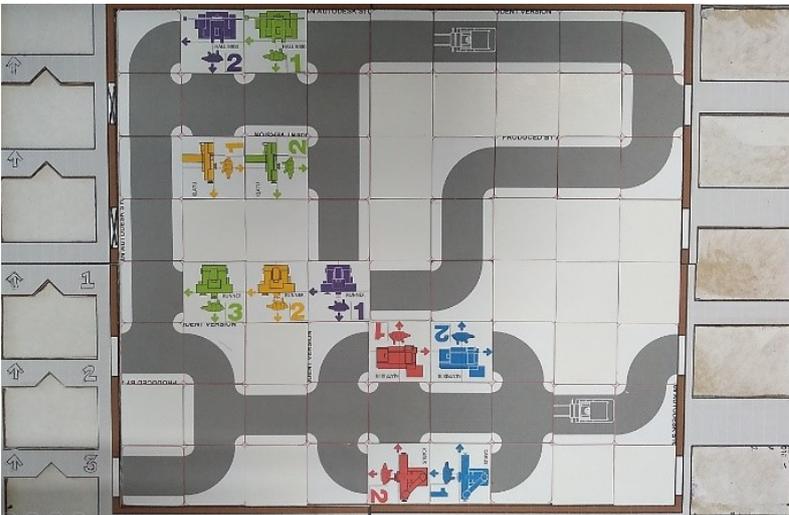
Para se atingir o primeiro objetivo as equipes montaram suas propostas conforme Figura 4.9 da equipe 1, Figura 4.10 da equipe 2, Figura 4.11 da equipe 3 e Figura 4.12 da equipe 4.

Figura: 4.9 Equipe 1



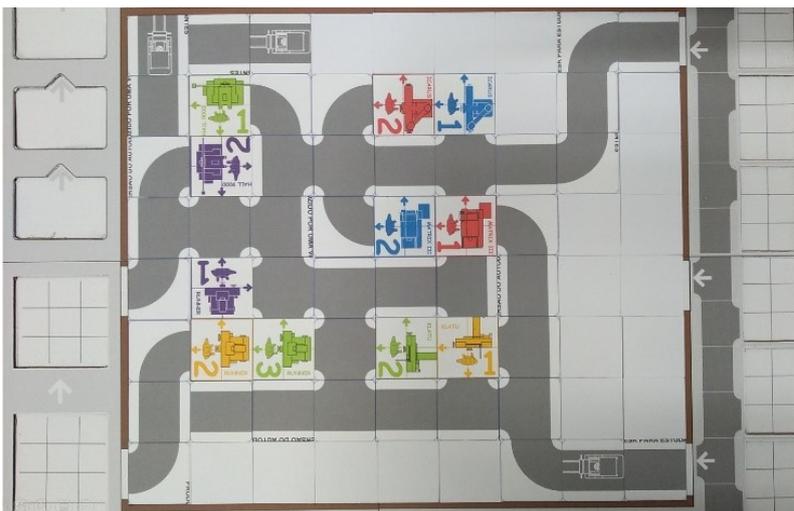
Fonte: O autor

Figura 4.10: Equipe 2



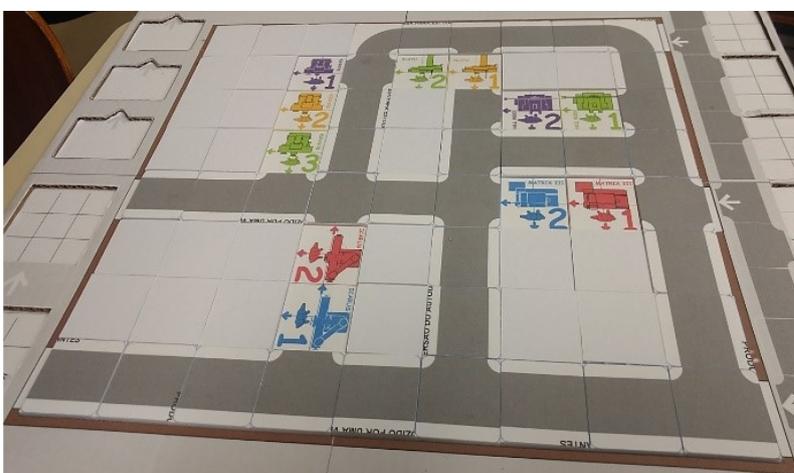
Fonte: O autor

Figura 4.11: Equipe 3



Fonte: O autor

Figura 4.12: Equipe 4



Fonte: O autor

Para se conhecer os custos de transporte, as equipes jogaram o jogo, administrando a produção das peças fabricadas, baseados na demanda média conhecida de cada produto. Com os dados de quantidade de peças fabricadas, para compor cada produto atendido, as distâncias percorridas por cada peça fabricada e o custo de transporte entre os setores (neste teste adotou-se o mesmo custo entre todos os setores) cada equipe calculou os custos de transporte entre os setores e o custo total da proposta.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados da equipe 1, com os maiores custos circundados.

Tabela 4.4: Resultados da equipe 1

TOTAL GERAL DE PRODUTOS FABRICADOS		CUSTOS DE TRANSPORTE ENTRE SETORES								
		ALMOX	ALMOX	RUNNER	HALL 9000	MATRIX III	KLATU II	ICARUS	EXP	
		ALMOX		\$ 585,00	\$ 930,00	\$ 845,00	\$ 725,00	\$ 975,00		
A	5	RUNNER			\$ 585,00		\$ 1.655,00		\$ 1.655,00	
D	4	HALL 9000					\$ 930,00		\$ 585,00	
E	1	MATRIX III						\$ 1.820,00	\$ 975,00	
G	4	KLATU II								
TOTAL GERAL DE PONTOS DA GESTÃO		ICARUS							\$ 845,00	
		EXP								
144		TOTAL:						\$	13.110,00	

Fonte: O autor

A Tabela 4.5 apresenta os resultados da equipe 2, com os maiores custos circundados.

Tabela 4.5: Resultados da equipe 2

TOTAL GERAL DE PRODUTOS FABRICADOS		CUSTOS DE TRANSPORTE ENTRE SETORES								
		ALMOX	ALMOX	RUNNER	HALL 9000	MATRIX III	KLATU II	ICARUS	EXP	
		ALMOX		\$ 1.080,00	\$ 840,00	\$ 1.045,00	\$ 400,00	\$ 475,00		
A	6	RUNNER			\$ 1.080,00		\$ 1.240,00		\$ 1.240,00	
D	2	HALL 9000					\$ 840,00		\$ 1.080,00	
E	2	MATRIX III						\$ 1.520,00	\$ 475,00	
G	3	KLATU II								
TOTAL GERAL DE PONTOS DA GESTÃO		ICARUS							\$ 1.045,00	
		EXP								
112		TOTAL:						\$	12.360,00	

Fonte: O autor

A Tabela 4.6 apresenta os resultados da equipe 3, com os maiores custos circundados.

Tabela 4.6: Resultados da equipe 3

TOTAL GERAL DE PRODUTOS FABRICADOS		CUSTOS DE TRANSPORTE ENTRE SETORES								
		ALMOX	ALMOX	RUNNER	HALL 9000	MATRIX III	KLATU II	ICARUS	EXP	
		ALMOX		\$ 800,00	\$ 1.040,00	\$ 1.100,00	\$ 390,00	\$ 625,00		
A	5	RUNNER			\$ 800,00		\$ 1.430,00		\$ 1.430,00	
D	3	HALL 9000					\$ 1.040,00		\$ 800,00	
E	3	MATRIX III						\$ 1.725,00	\$ 625,00	
G	2	KLATU II								
TOTAL GERAL DE PONTOS DA GESTÃO		ICARUS							\$ 1.100,00	
		EXP								
128		TOTAL:						\$	12.905,00	

Fonte: O autor

A Tabela 4.7 apresenta os resultados da equipe 4, com os maiores custos circundados.

Tabela 4.7: Resultados da equipe 4

TOTAL GERAL DE PRODUTOS FABRICADOS		CUSTOS DE TRANSPORTE ENTRE SETORES							
		ALMOX	ALMOX	RUNNER	HALL 9000	MATRIX III	KLATU II	ICARUS	EXP
				\$ 1.650,00	\$ 825,00	\$ 1.125,00	\$ 375,00	\$ 960,00	
A	8	RUNNER		\$ 1.650,00			\$ 1.200,00		\$ 1.200,00
D	2	HALL 9000					\$ 825,00		\$ 1.650,00
E	3	MATRIX III					\$ 2.085,00		\$ 960,00
G	5	KLATU II							
TOTAL GERAL DE PONTOS DA GESTÃO		ICARUS							\$ 1.125,00
		EXP							
27		TOTAL:						\$	15.630,00

Fonte: O autor

Os custos circundados de transporte entre os setores representam oportunidades de melhorias no arranjo físico, para diminuir o custo total de transporte.

Os resultados de todas as equipes apresentados no Quadro 4.7, mostram que houve equipes que se destacaram no objetivo de atendimento da demanda, as equipes 1 e 3 e outras no objetivo do arranjo físico, as equipes 1, 2 e 3. A premiação, definidas nas regras do jogo, apresenta ícones de distintivos (“*badges*”) que representam a classificação dentro de cada objetivo. E a classificação geral pelo cálculo do custo de transporte por produto fabricado.

Pode-se observar no Quadro 4.7, que a equipe 4 apresentou um resultado muito abaixo das demais equipes, o distintivo significa que a equipe “brincou” e não “jogou”. Neste caso específico a equipe se perdeu na contagem dos pontos, e não foi possível recuperar o tempo perdido.

Quadro 4.7: Resultados e classificação das equipes

	TOTAL GERAL DE PRODUTOS FABRICADOS	PREMIAÇÃO	TOTAL DOS CUSTOS DE TRANSPORTE ENTRE SETORES	PREMIAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO GERAL
Equipe 1	144		\$ 13.110,00		
Equipe 2	112		\$ 12.360,00		3ª
Equipe 3	128		\$ 12.905,00		2º
Equipe 4	27		\$ 15.630,00		4º

Fonte: O autor

A apresentação dos resultados para as equipes foi outro momento importante do teste, uma oportunidade para discutirem entre elas as estratégias adotadas, as que deram certo ou não. E a adoção dos ícones de distintivos, desenhados no quadro junto com os resultados, animaram as equipes e criam um clima de competição para procurarem melhores resultados.

Com este teste demonstra-se a capacidade do jogo AR→FI de possibilitar inúmeras configurações de arranjo físico e resultados diferentes, em função das habilidades dos jogadores em trabalhar em equipe, resolver problemas e na gestão dos recursos.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou como objetivo geral: explorar as possibilidades da utilização de jogos de tabuleiro como facilitador do aprendizado de conteúdos da disciplina de projeto de fábrica. Para se atingir este objetivo foram formulados quatro objetivos específicos. O primeiro foi desenvolver um jogo de tabuleiro que aborde os conceitos teóricos sobre tipos de arranjo físico de instalações e suas aplicações. A partir dos conceitos de *design* de jogos e de jogos sérios, desenvolveu-se um protótipo inicial de um jogo de tabuleiro, o Jogo AR→FI, que representa alguns dos principais problemas encontrados na formulação do arranjo físico de instalações, como: características de um determinado tipo de arranjo físico, problemas de alocação de máquinas, restrições das instalações prediais, custos de movimentação de materiais etc. Para os alunos, por meio do jogo, resolverem de forma colaborativa, em uma competição entre equipes, o arranjo físico que melhor representava a otimização do fluxo de materiais e os custos, no atendimento de determinada demanda de produtos.

O jogo AR→FI, foi desenvolvido por meio do método do *design* iterativo com a participação dos alunos, em sessões de grupos focais, onde os dados coletados atualizaram, por meio de correções e melhorias, as versões do jogo, do protótipo inicial até a sua finalização.

O segundo objetivo específico foi verificar a aceitação dos alunos pelo jogo como ferramenta instrucional, este resultado foi verificado inicialmente nas sessões de testes do jogo, principalmente na quinta sessão, onde o jogo AR→FI era desconhecido pelos alunos, e onde as falas dos alunos evidenciaram uma receptividade pela proposta. Mas, para analisar melhor esta percepção dos alunos, algumas questões abertas das sessões de grupo foram reaplicadas em forma de questionário. O resultado, analisado por meio do método de análise de conteúdo com o suporte do *software* ATLAS.ti, verificou-se que a maioria dos alunos aprovaram o jogo como ferramenta instrucional porque associaram a experiência do jogo, de permitir uma construção sintetizada de um arranjo físico e nele poder verificar o resultado das suas ações, com a aprendizagem das teorias incorporadas. Este resultado vai de encontro aos conceitos das metodologias ativas.

O terceiro objetivo específico foi analisar o envolvimento dos alunos com o jogo, a colaboração e motivação para resolver os problemas. Este objetivo foi analisado durante as sessões de testes do jogo, onde o autor constatou a elevada participação e motivação dos alunos em desenvolver e jogar o jogo, ficando registrado na fala dos alunos, nos resultados das sessões de testes do jogo.

O último objetivo foi analisar as oportunidades e dificuldades com o uso da metodologia de aprendizagem baseada em jogos, isto foi analisado nas sessões de testes do jogo, onde ficou claro a importância do jogo não se aprofundar em complexidade e quantidade de temas abordados, além de ter objetivos educacionais bem definidos e claros para os jogadores.

Os jogos de tabuleiro não são jogos que exigem conhecimentos e ferramentas específicas para criá-los, podem ser desenvolvidos para atender a necessidade de um tópico específico do conteúdo didático, por meio do uso de mecânicas consagradas de jogos comerciais. Mas este estudo demonstrou que a aprendizagem baseada em jogos tem uma aplicação promissora no ensino tecnológico, possibilitando a apresentação, de forma lúdica, de temas e sistemas complexos como suporte ao ensino.

Conclui-se, com base no que foi exposto, que o jogo de tabuleiro AR→FI, desenvolvido com base na teoria da aprendizagem baseada em jogos, é uma ferramenta de apoio a aprendizagem do tópico de arranjo físico de instalações, para desenvolvimento de competências e habilidades que só a prática permite, e que teve uma ótima receptividade dos alunos dos dois cursos de graduação tecnológica que participaram da pesquisa.

O jogo AR→FI permite desdobramentos para incorporar em suas mecânicas de jogos as abordagens do sistema de produção puxada, incluindo outros modelos de arranjo físico e temas de outras disciplinas, como a de planejamento e controle da produção.

No momento de finalizar este trabalho iniciou-se os desenhos para corte a laser de MDF (*Medium-Density Fiberboard*), material que dará resistência e durabilidade ao jogo, além do baixo custo para fabricação de poucas unidades.

Por último, como sugestões para trabalhos futuros, fica a possibilidade do desenvolvimento de uma versão digital do jogo AR→FI, facilitando sua distribuição, e a oportunidade de avaliar a contribuição do jogo com a melhoria na aprendizagem dos tópicos abordados, o que exigiria um estudo longitudinal.

REFERÊNCIAS

- ABT, Clark C. **Serious games**. [s.l.] : University Press of America, 1970.
- ARNAB, Sylvester et al. Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 391–411, 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/bjet.12113>>. Acesso em: 24 out. 2018.
- BACICH, LILIAN; MORAN, José. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora: Uma Abordagem Teórico-Prática**. [s.l.] : Penso, 2017.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. 1. ed. São Paulo SP: Edições 70, 2016.
- BERNARDES, E.; MUNIZ, J.; NAKANO, D. **Pesquisa Qualitativa Em Engenharia De Produção E Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: ATLAS EDITORA, 2019.
- BOARDGAMEGEEK. **BoardGameGeek**. 2018. Disponível em: <<https://boardgamegeek.com/image/669244/carcassonne>>. Acesso em: 19 out. 2018.
- BRASIL. Parecer CNE/CP Nr 29 de 03 de dezembro de 2002 do Ministério da Educação: Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Profissional de Nível Tecnológico 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/cp29.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2019.
- BRASIL. **Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP. CENSO DA EDUCAÇÃO SUPERIOR Notas Estatísticas 2017**. Brasília. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2018/censo_da_educacao_superior_2017-notas_estatisticas2.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2019.
- BRATHWAITE, Brenda.; SCHREIBER, Ian. **Challenges for game designers**. 1. ed. Rockland, MA, USA: Charles River Media, 2009.
- CAMARGO, Fausto; DARUS, Thuinie. **A sala de aula inovadora estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre/RS: Penso, 2018.
- CARBONARI, HILÉIA OLIVEIRA. **Análise da Evasão nos Cursos Superiores de Tecnologia de FATECs: um estudo baseado na medida de efetividade**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/wp-content/uploads/sites/4/2018/12/DISSERTAÇÃO-HILÉIA-com-ficha-catalográfica.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2019.
- CARVALHO, CV De. APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS GAME-BASED LEARNING. In: II WORLD CONGRESS ON SYSTEMS ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY - COPEC 2015, Vigo, SPAIN. **Anais...** Vigo, SPAIN Disponível em: <<http://copec.eu/congresses/wcseit2015/proc/works/40.pdf>>. Acesso em: 12 maio. 2017.
- CASTRONOVA, Edward; KNOWLES, Isaac. A Model of Climate Policy Using Board

Game Mechanics. **International Journal of Serious Games**, [s. l.], v. 2, n. 3, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i3.77>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços ; uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

CRESWELL, John W. **Investigação Qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens**. 3. ed. [s.l.] : PENSO, 2014.

DANCZ, Claire L. A. et al. Assessment of Students' Mastery of Construction Management and Engineering Concepts through Board Game Design. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, [s. l.], v. 143, n. 4, p. 04017009, 2017. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000340](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000340)>. Acesso em: 25 set. 2018.

DETREGIACHI FILHO, Edson [UNESP]. A evasão escolar na educação tecnológica: o embate entre percepções subjetivas e objetivas. **Aleph**, [s. l.], 2012. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109214>>. Acesso em: 1 dez. 2018.

DIZIKES, Peter. The Beer GAME. **MIT Technology Review**. **116, 6**, [s. l.], p. 18–19, 2013. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/520181/the-beer-game/>>. Acesso em: 25 abr. 2017.

DJAOUTI, Damien et al. Origins of Serious Games. In: **Serious Games and Edutainment Applications**. London: Springer London, 2011. p. 25–43.

EVANGELISTA, Tatiane da Silva et al. MATH GAME: A LUDIC STRATEGY FOR DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS TEACHING IN ENGINEERING COURSES. **Revista de Ensino de Engenharia**, [s. l.], v. 37, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://revista.educacao.ws/revista/index.php/abenge/article/view/745/800>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

FARIAS FILHO, Milton Cordeiro; ARRUDA FILHO, Emilio Jose Montero. **Planejamento Da Pesquisa Científica**. 2. ed. São Paulo: ATLAS EDITORA, 2015.

FILHO, Fernando Luiz Freitas; SCHRÖTER, Brigitte Augusta Farina. O USO DE JOGOS DIDÁTICOS NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR: JOGO DO EMPREENDEDORISMO. In: VII CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO-CIKI. 2017, Foz do Iguaçu-PR. **Anais...** Foz do Iguaçu-PR Disponível em: <proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/587/224>

FILHO, Roberto Leal Lobo Silva. **A Evasão No Ensino Superior Brasileiro-Novos Dados**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.institutolobo.org.br/imagens/pdf/artigos/art_088.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2019.

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GIL, António Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GRAHAM, Luke. **Millennials are driving the board games revival**. 2016. Disponível em: <<https://www.cnbc.com/2016/12/22/millennials-the-board-games-revival-catan-pandemic.html>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

GUIMARÃES, Sandra Lopes, 1964-. A entrevista de acolhimento e o contrato de trabalho pedagógico como uma possibilidade frente à evasão escolar em um Curso Superior de Tecnologia. [s. l.], 2012. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/251569>>. Acesso em: 1 dez. 2018.

HERAGU, Sunderesh S. **Facilities Design**. 4. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2016.

JEAN JUSTICE, Lenora; RITZHAUPT, Albert D. Identifying the Barriers to Games and Simulations in Education. **Journal of Educational Technology Systems**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 86–125, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0047239515588161>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

KALMPOURTZIS, George. **Educational Game Design Fundamentals - A Journey to Creating Intrinsically Motivating Learning Experiences**. 1. ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2018.

KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, Larry; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education, 2009.

LAMERAS, Petros et al. Essential features of serious games design in higher education: Linking learning attributes to game mechanics. **British Journal of Educational Technology**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 972–994, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/bjet.12467>>. Acesso em: 16 set. 2018.

LAUGENI, Fernando Piero; MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da Produção**. 2a. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

LOBO, Maria Beatriz de Carvalho Melo. Panorama da evasão no ensino superior brasileiro: aspectos gerais das causas e soluções. In: **ABMES Cadernos 25**. Brasília: ABMES, 2012. p. 9–58.

MACKE, Janaina. A pesquisa-ação como estratégia de pesquisa participativa. In: GODOI, Christiane K. et al. (Eds.). **Pesquisa Qualitativa em Estudos Organizacionais: Paradigmas, Estratégias e Métodos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 207–239.

MARTINS, Roberto Antonio; MELLO, Carlos Henrique Pereira; TURRIONI, João Batista. **Guia para elaboração de monografia e tcc em engenharia**. 1. ed. São Paulo: ATLAS EDITORA, 2014.

MELLO, Carlos Henrique Pereira et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 1–13, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132012000100001&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 10 dez. 2018.

NAIK, Nitin. The use of GBL to teach mathematics in higher education. **Innovations in Education and Teaching International**, [s. l.], v. 54, n. 3, p. 238–246, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1108857>>. Acesso em: 4 nov. 2018.

NEUMANN, CLÓVIS; SCALICE, Régis Kovacs. **Projeto de Fábrica e Layout**. 1. ed. Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, Rháleff Nascimento Rodrigues De et al. Frameworks para Desenvolvimento de Jogos Educacionais: uma revisão e comparação de pesquisas recentes. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - SBIE) 2018, **Anais...** [s.l.: s.n.] Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8045>>. Acesso em: 4 abr. 2019.

PATINO, Azeneth; ROMERO, Margarida; PROULX, Jean-Nicolas. Analysis of Game and Learning Mechanics According to the Learning Theories. In: 2016 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES) 2016, **Anais...** : IEEE, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590337>>. Acesso em: 24 out. 2018.

PEIXOTO, João Alvarez. Estudo da evasão no curso Superior em Tecnologia da Automação Industrial. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, [s. l.], v. 4, n. 5, p. 716–733, 2018. Disponível em: <<http://revista.uergs.edu.br/index.php/revuergs/article/view/1657>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

PEREIRA, Leônidas Soares; FRAGOSO, Suely. FCECF: um Método Iterativo Composto Aplicado ao Desenvolvimento de Jogos Analógicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL 2016, São Paulo SP. **Anais...** São Paulo SP Disponível em: <<http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157486.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2018.

PLASS, Jan L.; HOMER, Bruce D.; KINZER, Charles K. Foundations of Game-Based Learning. **Educational Psychologist**, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 258–283, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>>. Acesso em: 22 out. 2018.

ROCHA, Anselmo luiz Da; TRINDADE, Eduardo Marques. JOGO DE TABULEIRO PARA O ENSINO DE LOGÍSTICA EMPRESARIAL. **Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP 2017** -, Joinville (SC), p. 3344–3355, 2017. Disponível em: <<https://even3.blob.core.windows.net/anais/43319.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2018.

RUIZ, Miguel Augusto Lobon; GIACAGLIA, Giorgio Eugenio Oscare. ANALYSIS OF BOARD GAMES IN THE TEACHING OF PRODUCTION ENGINEERING. **Engineering Research: technical reports**, [s. l.], v. 8, n. 6, p. 1–21, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.32426/engresv8n6-002>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do jogo: fundamentos do design de jogos, v.1**. 1. ed. São Paulo SP: Blucher, 2012. a.

SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do jogo: fundamentos do design de jogos, V.2**. 1. ed. São Paulo SP: Blucher, 2012. b.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Penso, 2014.

SHELL, Jesse. **The Art of Game Design**. 2. ed. Pittsburgh, PA: CRC Press, 2008.

Serious Game Classification. 2018. Disponível em: <<http://serious.gameclassification.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 7. ed. São Paulo: ATLAS EDITORA, 2015.

TANG, Stephen; HANNEGHAN, Martin; EL RHALIBI, Abdennour. Introduction to Games-Based Learning. In: GLOBAL, IGI (Ed.). **Games-Based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces**. W Scotland, UK: IGI Global, 2009. p. 1-17 <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-360-9.ch0>.

TASPINAR, Bahar; SCHMIDT, Werner; SCHUHBAUER, Heidi. Gamification in Education: A Board Game Approach to Knowledge Acquisition. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 99, p. 101–116, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.09.104>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

TOMPKINS, J. A. et al. **Planejamento de instalações**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013.

UHLMANN, Thiago Schaedler. SCMdesign - desenvolvimento de um serious game para a simulação de gestão da cadeia de suprimentos. [s. l.], 2014. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35191>>. Acesso em: 4 maio. 2017.

VOIGT, Anna Louise et al. Jogo da Mobilidade: Uma nova forma de aprendizagem de conceitos de transportes. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 2013, Gramado-RS. **Anais...** Gramado-RS Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117179_1.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2017.

WIGGINS, Bradley E. An Overview and Study on the Use of Games, Simulations, and Gamification in Higher Education. **International Journal of Game-Based Learning**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 18–29, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4018/IJGBL.2016010102>>. Acesso em: 12 maio. 2017.

WILKINSON, Phil. A Brief History of Serious Games. In: **Entertainment Computing and Serious Games**. Dagstuhl Castle, Germany: Springer, Cham, 2016. p. 17–41.

WONICA, Peter. Learning to Evaluate Analog Games for Education. In: TORNER, EVAN; WALDRON, EMMA LEIGH; TRAMMELL, AARON (Eds.). **Analog game studies. volume II**. Pittsburgh, PA: ETC Press, 2017. p. 61–67.

WU, Wen-Hsiung et al. Re-exploring game-assisted learning research: The perspective of learning theoretical bases. **Computers & Education**, [s. l.], v. 59, n. 4, p. 1153–1161, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.003>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. São Paulo: Penso Editora, 2016.

ZYDA, M. From visual simulation to virtual reality to games. **Computer**, [s. l.], v. 38, n. 9, p. 25–32, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

APÊNDICE A – ROTEIRO DAS SESSÕES

ROTEIRO DA SESSÃO

Desenvolvimento de um jogo sério para o ensino de Arranjo Físico de Instalações Industriais - Jogo AR→FI

1. Agradecimento aos participantes da presença no encontro;
2. Esclarecer os objetivos da sessão e tempo esperado de duração;
3. Reiterar a livre opção por permanecer na sessão;
4. Reiterar sobre a gravação do áudio da sessão e a tomada de fotos dos grupos, e a livre escolha de não participar destas coletas;
5. Perguntas abertas aos participantes, feitas em grupos pelo mediador para coletar as percepções dos participantes sobre o jogo:
 - O que vocês acharam do jogo?
 - O que pode ser melhorado?
 - O que acharam desta (s) mecânica (s) de jogo?
 - O que acharam dos componentes do jogo?
 - O que acharam da aparência dos componentes?
 - Quais as dificuldades encontradas?
 - As regras são fáceis de entender?
 - As alterações implementadas melhoraram o jogo?
 - O que vocês acharam do jogo para aprender sobre arranjo físico?
 - Vocês acham que por meio deste jogo vocês podem aprender os conceitos com mais facilidade?
6. Perguntas abertas aos participantes, na forma de questionário individual, para serem aplicadas na última sessão:
 - O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?
 - Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?
 - Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?

APÊNDICE B – ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO

Relatório criado por lobon em 10/07/2019

Relatório de Documentos

Documentos selecionados (3)

1 O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?

Mediador: O que você achou do jogo para aprender sobre arranjo físico?

Aluno 1: ótimo, proporciona uma visão muito mais ampla sobre o arranjo físico.

Aluno 2: Achei bem interessante, pois me fez despertar referente a complicações e benefícios para se fazer *layouts*.

Aluno 3: No começo foi um pouco confuso de entender como funcionava e como deveria ser de acordo com os tipos de máquinas.

Aluno 4: Legal pois me sentir na prática como realmente é montar um arranjo físico.

Aluno 5: Interessante, o mesmo faz com que você obtenha diversas formas de entender a forma de arranjo físico e facilita no entendimento do mesmo.

Aluno 6: O jogo apresenta o conceito de arranjo físico de uma maneira prática e dinâmica através do mesmo pode-se perceber os gargalos encontrados e possíveis para a realização de um projeto real.

Aluno 7: Eu achei muito importante pois antes de entrar no curso de logística, eu não tinha muito conhecimento da área, nem sabia o que era arranjo físico e como funcionava.

Aluno 8: Gostei muito, achei bastante interessante a forma de como o jogo prende a atenção do jogador.

Aluno 9: O jogo nos mostrou de forma prática a importância de planejar o layout, o arranjo físico; para eficiência produtiva, minimizando custos desnecessários, otimizando o tempo.

Aluno 10: Achei interessante pois é possível através do jogo observar o arranjo físico aplicado no ambiente de trabalho.

Aluno 11: Achei bem interessante, me ajudou a entender melhor sobre o arranjo físico e me fez pensar melhor em como elaborar uma linha de produção em um processo mais eficaz e eficiente.

Aluno 12: Achei muito interessante pois o jogo nos mostrou como é executado a logística do dia a dia e também fez os alunos a pensarem na melhor estratégia para minimizar custos e tempo.

Aluno 13: Muito importante é interessante pois dá uma ideia de como agir em uma situação de arranjo físico.

Aluno 14: Foi um jogo muito dinâmico no qual tive uma ampla noção sobre o arranjo físico.

Aluno 15: Bastante útil pois permite o aprendizado do tema de forma lúdica permitindo explorar possibilidades a respeito do arranjo físico.

Aluno 16: Jogo bem elaborado com situações que ocorrem no dia a dia dentro de uma organização.

Aluno 17: O jogo é dinâmico, porém, para possibilitar um maior aprendizado seriam necessárias algumas alterações nas regras. Contudo, ele é uma boa introdução para quem nunca teve contato com o ambiente.

Aluno 18: O jogo apresenta fisicamente a teoria dado em sala de aula de forma prática e visual facilitando a aprendizagem de alunos que não têm a vivência no chão de fábrica.

Aluno 19: O jogo mostra de forma lúdica a importância do arranjo físico nas empresas e quão complexo é.

Aluno 20: Muito interessante.

Aluno 21: É uma nova forma didática onde você pode desenvolver qual a melhor maneira de fazer um arranjo físico principalmente em novas empresas ou que estão em expansão de suas áreas.

Aluno 22: De início apresentava ser algo muito complexo, mas após a apresentação e alguns minutos jogando vimos que ele entregava uma proposta clara, onde facilitou muito o jogo.

Aluno 23: Achei um jogo interessante, ele te ensina a ter um pensamento estratégico de como fazer uma linha de produção mais precisa.

Aluno 24: Gostei, foi mais fácil de visualizar e tomar ações sobre nossas decisões pois era fácil de ver o resultado.

Aluno 25: O jogo tem a capacidade de ensinar a visualizar processos de uma fábrica, estimulando a criatividade a percepção na hora de criar um sistema de distribuição de máquinas e arranjo logístico para movimentação de produtos.

55 Citações:

- 1:1 proporciona uma visão muito mais ampla sobre o arranjo físico. (87:149) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:2 me fez despertar referente a complicações e benefícios para se fazer l..... (190:266) -**
 1 Códigos:○ Motivador
- 1:3 No começo foi um pouco confuso de entender como funcionava e como deve..... (278:390) -**
 1 Códigos:○ Dificuldade
- 1:4 ótimo, proporciona uma visão muito mais ampla sobre o arranjo físico. (81:149) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 1:6 Legal pois me sentir na prática (401:431) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:7 Interessante, o mesmo faz com que você obtenha diversas formas de ente..... (485:585) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:8 faz com que você obtenha diversas formas de entender a forma de arranjo..... (506:585)**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:9 faz com que você obtenha diversas formas de entender a forma de arranjo..... (506:622)**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:10 O jogo apresenta o conceito de arranjo físico de uma maneira prática (633:700) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:11 pode-se perceber os gargalos encontrados e possíveis para a realização..... (730:818) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:12 nem sabia o que era arranjo físico e como funcionava (941:992) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:14 Gostei muito (1005:1016) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 1:15 achei bastante interessante a forma (1019:1053) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:16 o jogo prende a atenção do jogador. (1063:1097) -**
 1 Códigos:○ Mantem o foco
- 1:17 O jogo nos mostrou de forma prática (1108:1142) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:18 importância de planejar o *layout*, o arranjo físico; para eficiência pr..... (1146:1278) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:19 Achei interessante (1290:1307) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:20 possível através do jogo observar o arranjo físico aplicado no ambiente..... (1316:1399) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:21 Achei bem interessante (1411:1432) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:22 me ajudou a entender melhor sobre o arranjo físico e me fez pensar mel..... (1435:1586) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:25 jogo nos mostrou como é executado a logística do dia a dia (1630:1688) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:26 também fez os alunos a pensarem na melhor estratégia para minimizar cu..... (1691:1773) -**
 1 Códigos:○ Colaborativo
- 1:29 dá uma ideia de como agir em uma situação de arranjo físico. (1822:1881) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:30 Foi um jogo muito dinâmico (1894:1920) -**
 1 Códigos:○ Dinâmico

- 1:31 tive uma ampla noção sobre o arranjo físico. (1929:1972) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:32 permite o aprendizado do tema (2003:2031) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:33 permitindo explorar possibilidades a respeito do arranjo físico. (2049:2113) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:34 Jogo bem elaborado (2125:2142) -**
 1 Códigos:○ Bem elaborado
- 1:35 com situações que ocorrem no dia a dia dentro de uma organização. (2144:2208) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:36 O jogo é dinâmico, (2220:2238) -**
 1 Códigos:○ Dinâmico
- 1:37 para possibilitará um maior aprendizado seriam necessárias algumas alt..... (2246:2333) -**
 1 Códigos:○ Dificuldade
- 1:38 quem nunca teve contato com o ambiente. (2375:2414) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:39 O jogo apresenta fisicamente a teoria dado em sala de aula de forma pr..... (2426:2510) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:40 facilitando a aprendizagem de alunos que não têm a vivência no chão de..... (2511:2589) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:41 O jogo mostra de forma lúdica a importância do arranjo físico nas empr..... (2601:2693) -**
 1 Códigos:○ Lúdico
- 1:44 É uma nova forma didática (2735:2760) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:45 De início apresentava ser algo muito complexo (2921:2965) -**
 1 Códigos:○ Dificuldade
- 1:47 Achei um jogo interessante (3101:3126) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:48 ele te ensina a ter um pensamento estratégico de como fazer uma linha..... (3129:3223) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 1:49 Gostei, (3236:3242) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 1:50 mais fácil de visualizar e tomar ações sobre nossas decisões pois era..... (3248:3342)**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:51 O jogo tem a capacidade de ensinar a visualizar processos de uma fábr..... (3354:3425) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:52 estimulando a criatividade a percepção na hora de criar um sistema de..... (3428:3572) -**
 1 Códigos:○ Motivador
- 1:53 Achei bem interessante (161:182) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:54 na prática como realmente é montar um arranjo físico. (422:474) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 1:55 Eu achei muito importante pois antes de entrar no curso de logística,..... (830:938) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:56 Achei muito interessante (1598:1622) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:57 Muito importante é interessante (1785:1815) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:58 Bastante útil (1984:1996) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:59 Muito interessante (2705:2722) -**
 1 Códigos:○ Interessante
- 1:60 dinâmica através do mesmo (704:729) -**

- 1 Códigos:** ○ Dinâmico
1:61 de forma lúdica (2033:2048) -
1 Códigos: ○ Lúdico
1:62 ele é uma boa introdução (2345:2369) -
1 Códigos: ○ Aprendizagem
1:63 onde você pode desenvolver qual a melhor maneira de fazer um arranjo f.....
(2761:2908) -
1 Códigos: ○ Sintetiza um sistema complexo
1:64 mas após a apresentação e alguns minutos jogando vimos que ele entrega.....
(2968:3089) -
1 Códigos: ○ Bem elaborado
-

2 Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?

Mediador: Você acha que por meio desse jogo você pode aprender os conceitos com mais facilidade?

Aluno 1: sim, pois eu pude até aplicar este aprendizado em outra matéria.

Aluno 2: Sim, questões de organização.

Aluno 3: Sim pois ele nos permitir errar e observar com mais clareza os pontos que podem e devem ser melhorados para uma logística melhor.

Aluno 4: sim, pois um exemplo visual auxilia muito.

Aluno 5: Com clareza foi possível entender o conceito com mais facilidade e uma visão ampla do conteúdo.

Aluno 6: o jogo permite uma melhor visão da aplicação prática dos conceitos de *layout*. E é um bom início para introdução e explicação de conceitos básicos sobre o tema.

Aluno 7: Sim depois desse conceito consigo visualizar com mais facilidade no meu dia-a-dia as citações que concorrem os tipos de arranjo físico.

Aluno 8: Sim, com certeza os jogadores conseguem adquirir conhecimento do assunto.

Aluno 9: Sim pois me deu uma forma mais descontraída fica mais fácil de aprender e fixar o objetivo o foco do conteúdo abordado.

Aluno 10: Sim junto com alguns estudos.

Aluno 11: Sim através do jogo me fez compreender com mais facilidade os tipos de arranjos físicos principalmente o por processos.

Aluno 12: Sim por ser um jogo de dinamismo e troca de ideias.

Aluno 13: Sim concordo os conceitos apresentados geram um certo conhecimento necessário para aprendizagem.

Aluno 14: Sim pois ao ver o resultado final, pode se jogar novamente, alterando os pontos que julgar se necessário.

Aluno 15: Sim, pois o jogo facilita a visualização do tema de uma forma mais descontraída.

Aluno 16: Torna a aula mais dinâmica, ajuda no desenvolvimento e em forma de jogo fica mais atrativo para os jovens, prendendo melhor a atenção.

Aluno 17: Sim, é possível ter uma breve noção dos conceitos dados em sala por meio do jogo.

Aluno 18: Sim, todos os conceitos teóricos são aplicados durante o jogo de forma fixar os conselhos com qualidade.

Aluno 19: Com certeza, os alunos que tiveram acesso a esse jogo durante as aulas verão na prática a teoria aprendida em sala de aula.

Aluno 20: Com certeza

Aluno 21: Sim, conceitos que podem ser aplicados de forma virtual para a decisão se é viável ou não.

Aluno 22: Sim, através deste jogo podemos nos interagir de forma mais espontânea testando e aprendendo novos métodos, ajudando em muito na didática apresentada.

Aluno 23: Sim, pois o jogo que ensina fazer um melhor arranjo das máquinas dentro da empresa e com isso pode-se ganhar tempo entre os processos além de diminuir espaços ou caminhos a serem percorridos.

Aluno 24: Sim, por ser mais dinâmico.

Aluno 25: Sim, com esse jogo é possível ver conceitos de gestão da produção aplicados em uma situação que simula uma fábrica.

55 Citações:

2:1 Sim, questões de organização. (180:208) -

1 Códigos: ○ Aprovação

- 2:2 sim, pois eu pude até aplicar este aprendizado (105:150) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:3 Sim pois ele nos permitir errar e observar com mais clareza os pontos..... (219:321) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:4 sim, pois um exemplo visual auxilia muito. (358:399) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:5 Sim depois desse conceito consigo visualizar com mais facilidade no me..... (687:821)**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:6 Sim, com certeza os jogadores conseguem adquirir conhecimento do assun..... (833:905) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:7 Sim pois me deu uma forma mais descontraída fica mais fácil de aprende..... (917:1007) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:8 Sim junto com alguns estudos. (1048:1076) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:9 Sim através do jogo me fez compreender com mais facilidade os tipos de..... (1088:1206) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:10 Sim por ser um jogo de dinamismo (1219:1250) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:11 Sim concordo (1283:1294) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:12 Sim (1392:1394) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:13 Sim (1509:1511) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:14 Sim (1747:1749) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:15 Sim (1839:1841) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:16 Com certeza (1954:1964) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:17 Com certeza (2088:2098) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:18 Sim (2110:2112) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:19 Sim (2211:2213) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:20 Sim (2374:2376) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:21 Sim (2576:2578) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:22 Sim (2614:2616) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 2:23 pude até aplicar este aprendizado em outra matéria. (118:168) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 2:24 permitir errar e observar com mais clareza os pontos que podem e devem..... (236:321) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:25 exemplo visual auxilia muito. (371:399) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:26 Com clareza foi possível entender o conceito com mais facilidade e uma..... (411:505)**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 2:28 o jogo permite uma melhor visão da aplicação prática dos conceitos de..... (517:592)**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:29 E é um bom início para introdução e explicação de conceitos básicos so..... (595:675)**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 2:30 depois desse conceito consigo visualizar com mais facilidade no meu di..... (691:821)**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo

- 2:31 os jogadores conseguem adquirir conhecimento do assunto. (850:905) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:32 deu uma forma mais descontraída (929:960) -**
 1 Códigos: ○ Lúdico
- 2:33 o foco do conteúdo abordado. (1008:1035) -**
 1 Códigos: ○ Mantem o foco
- 2:34 junto com alguns estudos. (1052:1076) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:35 me fez compreender com mais facilidade os tipos de arranjos físicos pr..... (1108:1206) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:36 jogo de dinamismo (1234:1250) -**
 1 Códigos: ○ Dinâmico
- 2:37 conceitos apresentados geram um certo conhecimento necessário para apr..... (1299:1379) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:38 ver o resultado final, pode se jogar novamente, alterando os pontos qu..... (1404:1497) -**
 1 Códigos: ○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:39 o jogo facilita a visualização do tema (1518:1557) -**
 1 Códigos: ○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:40 de uma forma mais descontraída (1558:1587) -**
 1 Códigos: ○ Lúdico
- 2:41 Torna a aula mais dinâmica, (1601:1627) -**
 1 Códigos: ○ Dinâmico
- 2:42 desenvolvimento e em forma de jogo fica mais atrativo para os jovens (1638:1705) -**
 1 Códigos: ○ Lúdico
- 2:43 possível ter uma breve noção dos conceitos dados em sala por meio do j..... (1754:1827) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:44 todos os conceitos teóricos são aplicados durante o jogo de forma fixa..... (1844:1942) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:45 teoria aprendida em sala de aula. (2043:2076) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:47 podemos nos interagir de forma mais espontânea testando e aprendendo n..... (2235:2317) -**
 1 Códigos: ○ Colaborativo
- 2:48 conceitos que podem ser aplicados de forma virtual para a decisão se é..... (2115:2199) -**
 1 Códigos: ○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:49 a ajudando em muito na didática apresentada. (2319:2362) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:50 pois o jogo que ensina fazer um melhor arranjo das máquinas dentro da..... (2379:2564) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:51 por ser mais dinâmico. (2581:2602) -**
 1 Códigos: ○ Dinâmico
- 2:52 esse jogo é possível ver conceitos de gestão da produção aplicados (2623:2689) -**
 0 Códigos
- 2:53 esse jogo é possível ver conceitos de gestão da produção aplicados em..... (2623:2729) -**
 1 Códigos: ○ Sintetiza um sistema complexo
- 2:54 fica mais fácil de aprender e fixar o objetivo (961:1007) -**
 1 Códigos: ○ Aprendizagem
- 2:55 e troca de ideias. (1252:1269) -**
 1 Códigos: ○ Colaborativo
- 2:56 prendendo melhor a atenção. (1708:1735) -**
 1 Códigos: ○ Mantem o foco

**2:57 os alunos que tiveram acesso a esse jogo durante as aulas verão na prá.....
(1967:2041) -**

1 Códigos: ◦ Sintetiza um sistema complexo

3 Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?

Mediador: Segundo sua visão este jogo contribui para aprendizado tópico de arranjo físico de instalações?

Aluno 1: sim, pois podemos direcionar as máquinas de acordo com o *layout* apropriado.

Aluno 2: Sim, visualização.

Aluno 3: sim, porque ele nos mostra os motivos de ter certas máquinas perto uma das outras e importância para contribuir com um fluxo melhor diminuindo gastos desnecessários e aumentando a produtividade.

Aluno 4: sim, pois é dinâmico e envolvente.

Aluno 5: sim, através do jogo é possível explorar as ideias e buscar meios para alocar o arranjo físico, fazendo com que todas as linhas de produção funcionem com excelência.

Aluno 6: sim, é uma boa maneira de mostrar como funciona na prática a implementação de arranjo físico.

Aluno 7: Sim, esse jogo foi de uma maneira didática e prática para aprender o conceito como é como funciona e as dificuldades encontradas nessas situações.

Aluno 8: Sim, porque que você consegue observar na prática os conceitos de arranjo físico.

Aluno 9: Sim contribuiu na medida que exemplificou na prática um sistema de arranjo físico numa empresa, onde o *layout* tinha de ser elaborado da forma mais eficiente possível.

Aluno 10: Sim, além dos outros tipos de arranjos físico.

Aluno 11: Contribui bastante para o meu aprendizado, aliás utilizou o jogo com um exemplo na apresentação das matérias, como o tema dos arranjos físicos.

Aluno 12: Sim.

Aluno 13: Sim, jogo muito bem elaborado e de fácil acesso ao conhecimento do tema abordado.

Aluno 14: Sim, pois a explicação sobre o que deve ser feito acaba por guiar o jogador pela linha de raciocínio deste modelo de arranjo físico.

Aluno 15: Sim, pois permite a realização de discussões em grupo e simulações para se chegar ao melhor resultado.

Aluno 16: Sim, contribui muito pois é possível testar várias situações e modelar de acordo com cada problema uma situação

Aluno 17: Sim, ele possibilita uma visão boa do arranjo físico de instalações.

Aluno 18: Sim, com certeza o jogo contribui e dá uma visão geral da prática no dia-a-dia de uma fábrica.

Aluno 19: Sim, e ainda diverte o aluno com os desafios propostos pelo jogo com certeza ajudará muitos alunos com aprendizado da disciplina.

Aluno 20: Positivo.

Aluno 21: Sim, conforme descrito é uma maneira virtual e didática para ser descobrir qual a melhor forma e conceito de um arranjo físico de instalações.

Aluno 22: Sim, toda a proposta bem elaborada pode contribuir no aprendizado, e com essa não foi diferente. Após algumas vezes jogando aprendemos muito a respeito de toda a matéria.

Aluno 23: Sim, pois com esse o jogo você pode ter uma maior percepção de espaço e de movimentação de processos dentro da fábrica.

Aluno 24: Sim

Aluno 25: Sim, nele são aplicados diversos conceitos da produção industrial, como: logística gestão de processos e gestão de custos.

54 Citações:

3:1 sim (116:118) -

1 Códigos: ◦ Aprovação

3:2 podemos direcionar as máquinas de acordo com o layout apropriado. (126:190) -

1 Códigos: ◦ Sintetiza um sistema complexo

3:3 Sim (201:203) -

1 Códigos: ◦ Aprovação

3:4 visualização. (206:218) -

1 Códigos: ◦ Sintetiza um sistema complexo

3:5 sim (229:231) -

1 Códigos: ◦ Aprovação

- 3:6 porque ele nos mostra os motivos de ter certas máquinas perto uma das..... (234:422)**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:7 sim (433:435) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:8 sim (478:480) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:9 sim (653:655) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:10 Sim (756:758) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:11 Sim (912:914) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:12 Sim (1004:1006) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:13 Sim, além dos outros tipos de arranjos físico. (1182:1227) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:14 Contribui bastante (1239:1256) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:15 Sim (1393:1395) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:16 Sim (1408:1410) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:17 Sim (1501:1503) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:18 Sim (1644:1646) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:19 Sim (1757:1759) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:20 Sim (1880:1882) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:21 Sim (1960:1962) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:22 Sim (2065:2067) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:23 Positivo (2206:2213) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:24 Sim (2226:2228) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:25 Sim, (2379:2382) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:26 Sim (2560:2562) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:27 Sim (2691:2693) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:28 Sim (2705:2707) -**
 1 Códigos:○ Aprovação
- 3:29 pois é dinâmico (438:452) -**
 1 Códigos:○ Dinâmico
- 3:30 através do jogo é possível explorar as ideias e buscar meios para aloc..... (483:642) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:31 é uma boa maneira de mostrar como funciona na prática a implementação..... (658:745) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:32 esse jogo foi de uma maneira didática (761:797) -**
 1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:33 porque que você consegue observar na prática os conceitos de arranjo f..... (917:992) -**
 1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:34 contribuiu na medida que exemplificou na prática um sistema de arranjo..... (1008:1097) -**

- 1 Códigos:**
 ○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:35 onde o layout tinha de ser elaborado da forma mais eficiente possível. (1100:1170) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:36 utilizou o jogo com um exemplo na apresentação das matérias, como o te..... (1288:1381) -**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:37 jogo muito bem elaborado (1413:1436) -**
1 Códigos:○ Bem elaborado
- 3:38 e de fácil acesso ao conhecimento do tema abordado. (1438:1488) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:39 a explicação sobre o que deve ser feito acaba por guiar o jogador pela..... (1511:1632) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:40 permite a realização de discussões em grupo (1654:1697) -**
1 Códigos:○ Colaborativo
- 3:41 simulações para se chegar ao melhor resultado (1700:1744) -**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:42 contribui muito pois é possível testar várias situações e modelar de a..... (1762:1868)**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:43 ele possibilita uma visão boa do arranjo físico de instalações. (1885:1947) -**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:44 com certeza o jogo contribui e dá uma visão geral da prática no dia-a-..... (1965:2053)**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:45 ainda diverte o aluno com os desafios propostos (2072:2118) -**
1 Códigos:○ Lúdico
- 3:47 com certeza ajudará muitos alunos com aprendizado da disciplina. (2130:2194) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:48 é uma maneira virtual e didática para ser descobrir qual a melhor form..... (2249:2367) -**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:49 toda a proposta bem elaborada (2384:2412) -**
1 Códigos:○ Bem elaborado
- 3:50 contribuir no aprendizado, e com essa não foi diferente. Após algumas..... (2419:2548) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:51 com esse o jogo você pode ter uma maior percepção de espaço e de movim..... (2570:2678) -**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:52 nele são aplicados diversos conceitos da produção industrial, como: lo..... (2710:2827) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem
- 3:53 e envolvente (454:465) -**
1 Códigos:○ Mantem o foco
- 3:54 e prática para aprender o conceito como é como funciona e as dificulda..... (799:901)**
1 Códigos:○ Sintetiza um sistema complexo
- 3:55 para o meu aprendizado (1258:1279) -**
1 Códigos:○ Aprendizagem

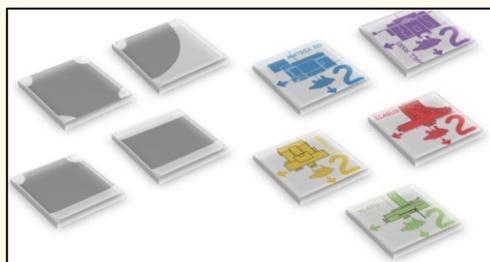
APÊNDICE C – REGRAS DO JOGO

JOGO AR→FI

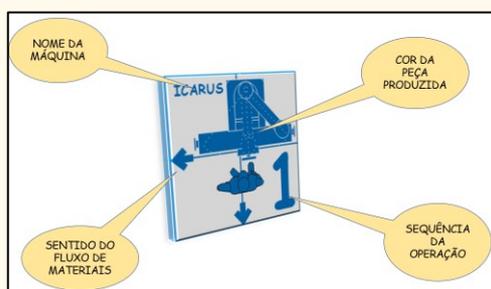
REGRAS DO JOGO

1. COMPONENTES

1 Peças: corredores e máquinas



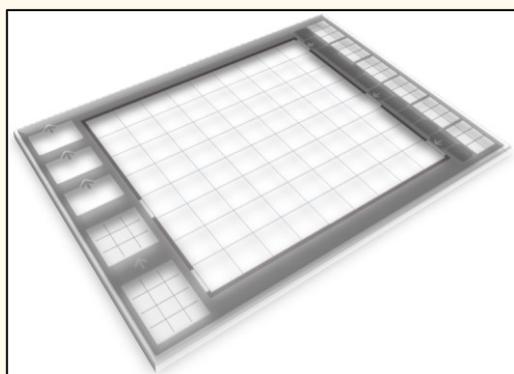
2 Peça: Máquina



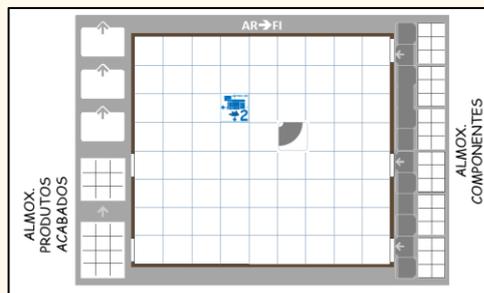
3 Peças: Peças produzidas



4 Peças: Base do Jogo



5 Peças: Base do Jogo



6 Peças: Cartas dos produtos



7 Ficha de controle de pontos

PRODUTOS	PONTOS	QTD	PONTOS	QTD	PONTOS	QTD	PONTOS
PROD. A	10	10					
PROD. B	10	10					
PROD. C	10	10					
PRODUTOS ENCOMENDADOS	10	10					
PRODUTOS INCOMPLETOS	10	10					
PRODUTOS NÃO ATENDIDOS	10	10					
PRODUTOS UTILIZADOS	10	10					
TOTAL PONTOS							

DOMÍNIO POR PRODUTOS E PEÇAS			
A	B	C	PEÇAS
100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%
100%	100%	100%	100%

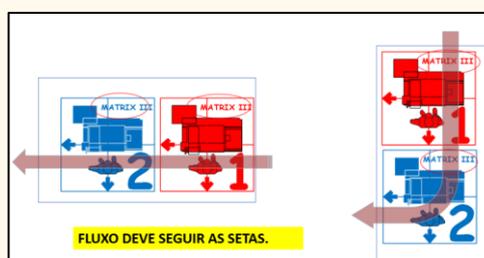
PEÇAS	QTD	FAZENDA	RENTABILIDADE
VERMELHO			
VERDE			
AMARELO			
ROXO			

TOTAL	SEAL DE PRODUTOS FABRICADOS

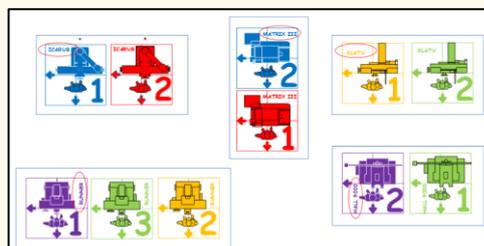
TOTAL	SEAL DE PONTOS

2-REGRA DE AGRUPAMENTO DE MÁQUINAS

8 Máquinas agrupadas por tipo

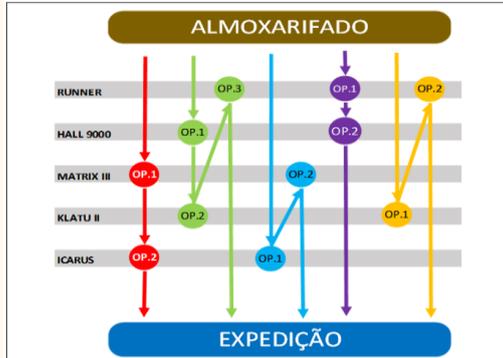


9 Máquinas agrupadas por tipo

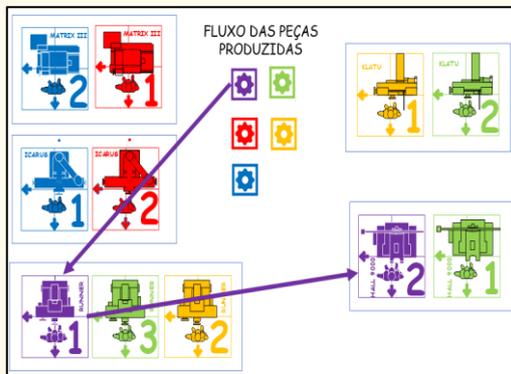


3-REGRA DE MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS

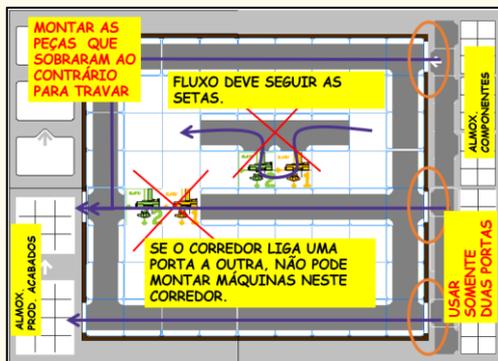
1 Fluxo das peças produzidas nos grupos de máquinas



2 Exemplo de seqüência do fluxo



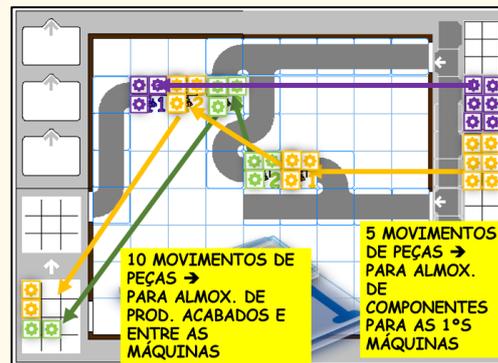
3 Regras de fluxo



4 Regra de contagem de distância percorrida



5 REGRAS: Movimento das peças



6 REGRAS: Atendimento da demanda



ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de um jogo sério para o ensino de Arranjo Físico de Instalações Industriais
Jogo AR FI

Pesquisador: MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 15038619.9.0000.5501

Instituição Proponente: Universidade de Taubaté

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.395.920

Apresentação do Projeto:

Apresentação adequada. Projeto claro e objetivo.

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisa visa avaliar a eficácia O autor deste projeto é professor e propõe a aplicação de uma metodologia ativa baseada em jogos para superar as dificuldades dos alunos em relação ao entendimento de conceitos específicos. E tem como objetivo explorar as possibilidades do uso de jogos de tabuleiro no ensino, e responder a seguinte questão da pesquisa: "O jogo de tabuleiro, desenvolvido com os conceitos da metodologia de aprendizagem baseada em jogos, é uma ferramenta instrucional aceita pelos alunos da graduação tecnológica como suporte ao ensino e aprendizagem dos conceitos de arranjo físico de instalações?"

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são baixos; apenas o de que o participante sinta-se entediado ou irritado com a dificuldade do jogo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é interessante e visa aferir a eficácia do método de ensino. Poderá ser bem avaliado, especialmente por envolver um grupo de estudante que já conhecem o tema.

Endereço: Rua Visconde do Rio Branco, 210
Bairro: Centro **CEP:** 12.020-040
UF: SP **Município:** TAUBATE
Telefone: (12)3635-1233 **Fax:** (12)3635-1233 **E-mail:** cep@unitau.br



Continuação do Parecer: 3.395.920

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos são satisfatórios.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisa é relevante e possibilitará avaliar a eficácia do método de ensino por meio da "gameficação".

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Taubaté, em reunião realizada no dia 14/06/2019, e no uso das competências definidas nas Resoluções CNS/MS 466/12 e CNS/MS 510/16, considerou o Projeto de Pesquisa: APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1369550.pdf	04/06/2019 12:15:23		Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoMiguelRuiz.pdf	04/06/2019 12:14:24	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Outros	DeclRelevJundiai.pdf	04/06/2019 11:55:52	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Outros	DeclRelevItatiba.pdf	04/06/2019 11:55:34	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Outros	TermCompMiguelRuiz.pdf	03/06/2019 14:57:28	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Outros	RoteiroMiguelRuiz001.pdf	03/06/2019 14:53:32	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Orçamento	OrcamMiguelRuiz.pdf	03/06/2019 14:52:37	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Outros	AutlmagMiguelRuiz001.pdf	03/06/2019 14:52:05	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Cronograma	CronoMiguelRuiz.pdf	03/06/2019 14:48:50	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_MiguelRuiz001.pdf	03/06/2019 14:47:59	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoMiguelRuiz.pdf	03/06/2019 14:47:01	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclInfraItatiba.pdf	31/05/2019 12:30:54	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito

Endereço: Rua Visconde do Rio Branco, 210
 Bairro: Centro CEP: 12.020-040
 UF: SP Município: TAUBATE
 Telefone: (12)3635-1233 Fax: (12)3635-1233 E-mail: cep@unitau.br



Continuação do Parecer: 3.395.920

Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclInfraJundiai.pdf	31/05/2019 12:30:39	MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ	Aceito
--	----------------------	------------------------	------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

TAUBATE, 17 de Junho de 2019

Assinado por:
José Roberto Cortelli
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Visconde do Rio Branco, 210
Bairro: Centro **CEP:** 12.020-040
UF: SP **Município:** TAUBATE
Telefone: (12)3635-1233 **Fax:** (12)3635-1233 **E-mail:** cep@unitau.br

ANEXO B – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – Fatec de Itatiba

Faculdade de Tecnologia de Itatiba

DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA

Eu Profª Dra Marina Rodrigues de Aguiar, na qualidade de responsável pela Fatec de Tecnologia de Itatiba - FATEC de Itatiba, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, declaro ser de relevância para esta instituição a pesquisa intitulada **“DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO PARA O ENSINO DE ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS – JOGO AR→FI** a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador **“ MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ”**; para aplicação na disciplina de Tecnologia da Produção Industrial, como ferramenta de metodologia ativa de ensino e como facilitador no processo de ensino e aprendizagem.

Itatiba. 29 de maio de 2019

Profª Drª Marina Rodrigues de Aguiar
Diretora da Fatec de Itatiba

Profª Drª Marina Rodrigues de Aguiar
Diretora
FATEC Itatiba

www.fatecdeitatiba.edu.br

Rua Daniel Peçanha de Moraes, 220 • Jardim Salessi • 13251-140 • Itatiba • SP • Tel.: (11) 4524-3221

ANEXO C – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – Fatec Jundiaí**Fatec Jundiaí - Deputado Ary Fossen****DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA**

Eu Prof. Dr. Francesco Bordignon, na qualidade de responsável pela Fatec Dep. Ary Fossen – Fatec Jundiaí, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, declaro ser de relevância para esta instituição a pesquisa intitulada **“DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO SÉRIO PARA O ENSINO DE ARRANJO FÍSICO DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS - JOGO AR→FI”** a ser conduzida sob a responsabilidade do pesquisador **“MIGUEL AUGUSTO LOBON RUIZ”**; para aplicação na disciplina de Gestão de Produção e Operações, como ferramenta de metodologia ativa de ensino e como facilitador no processo de ensino e aprendizagem.

Jundiaí, 28 de maio de 2019



Francesco Bordignon
Fatec Dep. Ary Fossen – Fatec Jundiaí
Diretor

Prof. Dr. Francesco Bordignon
RG 62.750.456-5
Diretor