



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



CAROLINA SABBADINI

**O USO DA SIMULAÇÃO DA ATIVIDADE HUMANA
CONTEXTUALIZADO PELA ERGONOMIA EM PROJETOS
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Limeira, 2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



CAROLINA SABBADINI

O USO DA SIMULAÇÃO DA ATIVIDADE HUMANA CONTEXTUALIZADO PELA ERGONOMIA EM PROJETOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas.

Orientador (a): Prof(a). Dr(a). Sandra Francisca Bezerra Gemma

Limeira
2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Renata Eleuterio da Silva - CRB 8/9281

Sa13u Sabbadini, Carolina, 1995-
O uso da simulação da atividade humana contextualizado pela ergonomia em projetos de sistemas de produção / Carolina Sabbadini. – Limeira, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Sandra Francisca Bezerra Gemma.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Ergonomia. 2. Simulação. 3. Softwares - Fatores humanos. I. Gemma, Sandra Francisca Bezerra, 1964-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: The use of activity simulation contextualized by ergonomics in projects of production systems

Palavras-chave em inglês:

Ergonomics

Simulation

Softwares - Human factors

Titulação: Bacharel em Engenharia de Produção

Banca examinadora:

Sandra Francisca Bezerra Gemma [Orientador]

Rodrigo José Contieri

Data de entrega do trabalho definitivo: 22-11-2017

SABBADINI, Carolina. O USO DA SIMULAÇÃO DA ATIVIDADE HUMANA CONTEXTUALIZADO PELA ERGONOMIA EM PROJETOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2017.

RESUMO

A presente pesquisa teve como intuito analisar o uso de softwares de simulação da atividade humana integrados à ergonomia, e, por meio da realização de pesquisas a respeito de estudos de casos onde esses softwares foram aplicados em projetos de sistemas de produção, realizar uma análise das contribuições do uso destes em processos de projetos de sistemas produtivos. A partir da análise e antecipação de questões ergonômicas, por meio do processo de simulação, é provável que o processo do projeto ganhe agilidade e reduza seus custos, visto que uma parcela dos problemas gerados que seriam apenas posteriormente detectados já seria encontrada, diagnosticada e solucionada nessa etapa de simulação. Para isso, foram analisados os resultados de pesquisas que trabalharam com esta dupla temática: ergonomia e simulação humana. Tinha-se como hipótese inicial que o uso de softwares de simulação da atividade humana, contextualizados pela ergonomia, poderia contribuir significativamente na etapa de projeto de sistemas produtivos. Após a realização da análise dos resultados encontrados na literatura acadêmica, foi possível comprovar a hipótese inicialmente formulada, pois a utilização destes softwares contribui na realização de projetos de sistema de produção trazendo os seguintes ganhos: auxílio na comunicação entre as diferentes pessoas envolvidas no processo de projeto, redução do tempo de projeto e validação, consideração de fatores ergonômicos de forma antecipada, antecipação da possível colisão de membros inferiores com determinada plataforma, desenvolvimento de um sistema que permite que o próprio operador realize a regulagem da plataforma, melhorias na visibilidade do operador, ausência de barulho na cabine, regulagem da altura da poltrona e regulagens do encosto da cadeira, entre outros.

Palavras-chave: Ergonomia 1. Simulação 2. Atividade Humana 3. Softwares 4. Sistemas Produtivos 5.

SABBADINI, Carolina. O USO DA SIMULAÇÃO DA ATIVIDADE HUMANA CONTEXTUALIZADO PELA ERGONOMIA EM PROJETOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade de Ciências Aplicadas. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2017.

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze the use of human activity simulation softwares integrated with ergonomics and, through researches about case studies where these softwares were applied in production systems projects, perform an analysis of the contributions of their use in production systems project processes. From the analysis and anticipation of ergonomic issues through the simulation process, it is probable that the project process will gain agility and reduce its costs, since a portion of the generated problems that would only be subsequently detected have already been found, diagnosed and solved in this simulation step. To do so, will be analyzed the results of researchers that work with this double theme: ergonomics and human simulation. The initial hypothesis was that the use of human activity simulation softwares contextualized by ergonomics could contribute significantly in this stage of productive systems design. After the analysis of the results found in the academic literature, it was possible to prove the initial hypothesis, because the use of these softwares contributes to the realization of projects of production system bringing the following gains: aid in communication between the different people involved in the design process, reduction of design time and validation, consideration of ergonomic factors in advance, anticipation of possible collision of lower limbs with a certain platform, development of a system that allows the operator to adjust the platform itself, improvements in operator visibility, absence of noise in the cab, adjustment of the seat height and seat backrest adjustments, between others.

Keywords: Ergonomics 1. Simulation 2. Human Activity 3. Softwares 4. Productive Systems 5.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. PLATAFORMA TEÓRICA	9
2.1 Ergonomia.....	9
2.2 Simulação.....	12
2.3 Relações entre ergonomia e simulação.....	15
3. METODOLOGIA	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
5. CONCLUSÃO	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido às rápidas e evidentes transformações que estão ocorrendo no mercado industrial, é necessário que as organizações se tornem cada vez mais eficientes, apresentando um processo produtivo bastante organizado onde as perdas de tempo e de investimentos sejam mínimas. Nesta perspectiva, softwares de simulação são utilizados por permitirem que estudos de processos sejam realizados virtualmente, sem a necessidade da presença real de trabalhadores, de matéria-prima e de equipamentos, o que proporciona uma redução considerável de custos, tempo e recursos. Entretanto, é preciso aliar à otimização da produção o ambiente de trabalho em que os seres humanos se encontram inseridos, pois esse deve ser um ambiente adequado, que permita aos trabalhadores manterem sua saúde, segurança e motivação, sendo a ergonomia a disciplina responsável pela transformação do trabalho de maneira a adaptá-lo às características e viabilidade do ser humano e do processo produtivo. Portanto, o objetivo do presente estudo é investigar sobre o uso de softwares que simulam a atividade humana contextualizados pela ergonomia em sistemas de produção. Afinal, conciliando ergonomia e simulação, é possível utilizar softwares que além de serem capazes de, a partir da modelagem da atividade humana dentro de um ambiente virtual representarem as dimensões físicas dos indivíduos e de seu ambiente (mobiliários, máquinas, ferramentas, entre outros), sejam capazes de realizar testes a respeito dos aspectos operacionais e de projeto de diversos fatores humanos, como o risco de lesão, tempo, a acessibilidade, a linha de visão, o conforto do usuário, o gasto de energia, os limites de fadiga, dentre outros parâmetros ergonômicos. Segundo Camarotto (1988, p.1), os estudos das relações entre a tecnologia e as condições ambientais de trabalho são uma preocupação que apresenta registro desde a publicação de George Bauer a respeito das doenças e acidentes referentes ao trabalho realizado pelos mineiros e fundidores de ouro e prata em 1556. Nos últimos anos, dentre os métodos, técnicas e ferramentas que a ergonomia vem aplicando, há um conjunto de programas computacionais de modelagem e simulação da atividade humana que visam aliar as técnicas de computação gráfica com os projetos de produtos e postos de trabalho. A maior acessibilidade e desempenho dos hardwares e softwares, em conjunto com a necessidade de uma maior agilidade dos processos de projetos mais complexos, com maior qualidade e menor consumo de recursos, estão associadas ao crescimento do

uso de ferramentas computacionais (MOURA, 2009). A simulação pode ser definida como uma tentativa de imitação de processos reais (KELTON et al., 2002), por meio da construção de modelos abstratos a partir dos quais é possível observar o funcionamento e o comportamento de um sistema durante um determinado período de tempo, sendo possível a realização de diversos testes até que seja encontrada uma melhor solução para uma situação em questão. Para a ergonomia, a simulação apresenta extrema importância por permitir a previsão do comportamento de algum sistema sem realizar a exposição do ser humano a qualquer tipo de risco, e que de outra maneira não poderia ser adquirida (MEISTER, 1995). Especificamente, podemos citar a aplicação da simulação da atividade humana na concepção e análise de situações produtivas futuras. Tal simulação permite analisar aspectos dinâmicos da execução da tarefa, a interação entre pessoas e o local onde se desenvolve suas atividades de trabalho (TORRES, 2007).

2. PLATAFORMA TEÓRICA

2.1 Ergonomia

Abrahão et al. (2009) afirmam, na introdução do livro “Introdução à Ergonomia: da prática à teoria”, que a ergonomia consiste em um corpo de conhecimentos a respeito do trabalho e um conjunto sistemático de procedimentos de análise. Para eles, a ergonomia é muito mais abrangente do que comumente relatado e, ao mesmo tempo, muito mais próxima das experiências que são vividas do que se pode imaginar. A palavra ergonomia apresenta em sua composição as palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e regras), sendo esse termo adotado pela primeira vez no ano de 1857, pelo cientista polonês Wojciech Jastrzebowski, em um trabalho que apresentou como título “Ensaio de ergonomia, ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza” (ABRAHÃO et al., 2009). Atualmente, a definição de ergonomia acatada pela International Ergonomics Association, *Société d’Ergonomie* de Langue Française e pela Associação Brasileira de Ergonomia é a seguinte: “A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos com o intuito de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema”. Além do mais, os

ergonomistas apresentam contribuição no projeto, planejamento e avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambiente e sistemas visando torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.

Dopler (2007, p.57) conclui que a ergonomia, por meio de seus objetivos, ferramentas e métodos, permite que seja estabelecido um vínculo forte entre trabalho e saúde. Ao transformar o trabalho, o ergonomista age nas causas do risco, o que significa que esta ação está situada no nível da prevenção primária e não no da prevenção secundária (minimizar os riscos) ou terciária (os administrar). A ergonomia, sem dúvidas, tem o intuito de melhorar a eficácia do sistema de trabalho, mas para além de evitar o risco de patologias, ela busca favorecer a saúde, aqui vista como um processo de desenvolvimento.

De uma forma geral, a ergonomia pode ser entendida como uma disciplina que apresenta como objetivo transformar o trabalho, em suas distintas dimensões, adaptando este às características e aos limites do ser humano, superando a concepção taylorista de “Homo Economicus”, mostrando os limites do ponto de vista reducionista em que apenas o “trabalho físico” é considerado, revelando a complexidade do trabalho e a multiplicidade de fatores que o compõem. Portanto, a ergonomia visa projetar e/ou adaptar situações de trabalho compatíveis com as capacidades e limites do ser humano, assegurando bem-estar, segurança, produtividade e qualidade (ABRAHÃO et al., 2009).

Para se compreender de que maneira se dão as ações ergonômicas e suas escolhas metodológicas, é preciso realizar uma análise sobre quais bases se fundamentam a sua prática, sendo este conjunto de fundamentos ou princípios básicos necessários para o entendimento de um determinado conceito ou fenômeno conhecido como pressuposto. A ação ergonômica é norteadada por três pressupostos: a interdisciplinaridade, a análise de situações reais e o envolvimento dos sujeitos (ABRAHÃO et al., 2009). Seguindo esta perspectiva, Wisner (2004, p.35), afirmava que:

“... a ergonomia é uma disciplina autônoma, mas que não pode viver sem se nutrir das aquisições de várias disciplinas, aquisições dinâmicas e assimiladas em um espírito interdisciplinar” (WISNER, 2004, p.35).

Segundo Abrahão et al. (2009, p. 37), a atividade de trabalho significa aquilo que é realmente feito pelo trabalhador, a maneira como ele consegue desenvolver suas tarefas, resultando das definições dos objetivos e metas, das características pessoais, da experiência e do treinamento formal. É por meio da análise da atividade que é possível desvelar e dar valor à variabilidade das situações de trabalho - também biológica e psicológica dos trabalhadores (WISNER, 2004). Em relação a análise da situação real, analisar a atividade significa a reconstrução da lógica dos trabalhadores em seu próprio curso de ações a partir das observações objetivas, que permite que seja aprendido o subjetivo e que sejam explicitadas as razões de um determinado comportamento. O trabalho real designa o modo como o ser humano mobiliza suas capacidades para atingir os objetivos da produção, o que demanda um investimento cognitivo e físico para resolver o que não é dado pela organização e pela situação de trabalho, o que acaba por ser determinante na construção e desconstrução da saúde. Portanto, o trabalho real é determinado tanto pelas características dos trabalhadores, quanto pelas regras de funcionamento das empresas e contexto das ações (ABRAHÃO et al., 2009). Quanto ao envolvimento dos sujeitos, o processo de intervenção em ergonomia parte do pressuposto que os indivíduos que se encontram envolvidos nas situações de trabalho não são idênticos, ou seja, cada trabalhador traz consigo suas experiências, representações e estratégias, e as utiliza com o intuito de regular o processo de produção, sendo necessário que a análise ergonômica do trabalho não considere apenas a variação das situações de trabalho, mas também as variabilidades das equipes que executam o trabalho (ABRAHÃO et al., 2009).

Segundo consta na definição da Instituição Brasileira de Ergonomia (2008), existem três áreas de especialização na ergonomia, que estão relacionadas com as competências dos ergonomistas, adquiridas seja por formação ou por prática, que são: ergonomia física, ergonomia cognitiva e ergonomia organizacional. A ergonomia física está voltada para as características físicas da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica e sua relação com a atividade física, estando nesta categoria situado o estudo da postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esquelético relacionados ao trabalho, projeto de posto de trabalho, segurança e saúde. A ergonomia cognitiva se refere aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, assim como seus efeitos nas interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema,

estudando temas como carga mental de trabalho, tomada de decisão, desempenho especializado, interação homem-computador, confiabilidade humana, estresse profissional e a formação quando relacionados a projetos que envolvem seres humanos e sistemas. A ergonomia organizacional diz respeito à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, regras e processos, incluindo a abordagem de tópicos como comunicação, gerenciamento de recursos dos coletivos de trabalho, projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, novos paradigmas do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, teletrabalho e gestão da qualidade (ABRAHÃO et al., 2009).

Muitos ergonomistas podem considerar que sua prática se encontra inscrita em mais de uma das categorias propostas acima. Entretanto, também é válido ressaltar que a prática real tende a ser exercida preferencialmente em determinados domínios de especialização e em determinadas áreas de aplicação. Portanto, o produto destas ações resulta em um conjunto de recomendações que buscam aprimorar a atividade humana e a produção de artefatos, associando com isso critérios de saúde e de produtividade (ABRAHÃO et al., 2009). A especificidade da ergonomia reside na sua tensão entre dois objetivos. O primeiro está centrado nas organizações e, conseqüentemente, sobre sua qualidade, eficiência, produtividade, confiabilidade, entre outros fatores. O segundo se encontra centrado nas pessoas, se desdobrando em saúde, segurança, conforto, satisfação, interesse no trabalho, prazer. Nenhuma outra disciplina mostra de forma tão explícita este duplo objetivo, sendo que os ergonomistas podem tender para um dos lados, mas, obrigatoriamente, sempre deverão levar em consideração ambos (FALZON, 2007, p.8). Frequentemente, visando responder às demandas, o ergonomista necessita dirigir seu olhar sobre distintas dimensões da situação. Após analisá-las, ele apreende o contexto no qual a organização se insere e os elementos que condicionam seu processo de produção. Nesse sentido faz-se importante conhecer a dimensão social e demográfica, leis e regulamentações, ambiente geográfico da empresa, dimensão técnica, produção e sua organização (ABRAHÃO et al., 2009).

2.2 Simulação

A simulação consiste na construção de modelos abstratos, por meio dos quais é possível observar o comportamento de um determinado sistema durante um intervalo de tempo, o que permite que sejam realizados testes com o intuito de encontrar a melhor solução para problemas reais. Por meio da simulação, é possível que um dado do sistema seja estudado e, então, sua capacidade seja medida, seu desempenho seja melhorado ou, se ele ainda não existir, que ele venha a ser projetado. Também é possível utilizar a simulação para testes em situações consideradas arriscadas, como treinamento de pilotos em tempestades ou sob fogo inimigo, assim como em situações hipotéticas, como nas viagens espaciais ou ambientes de guerra (SCHNEIDER, 2004). Segundo Patient (2003), os primeiros relatos do uso sistemático da simulação como uma ferramenta se originaram ainda no Império Romano para treinamento militar.

Na década de 50, com o surgimento do computador, tornou-se possível realizar análises pelo ângulo da simulação, onde não se utilizavam mais fórmulas matemáticas, apenas tentava-se imitar o funcionamento do sistema real. Na década de 60 apareceram as linguagens de simulação, e atualmente, devido aos microcomputadores, é possível utilizá-las facilmente. A técnica de simulação visual iniciou-se na década de 80 e obteve uma aceitação surpreendente em decorrência da sua maior capacidade de comunicação, além de possuir um grande crescimento em relação ao seu uso por ter um menor nível de complexidade (PRADO, 2010).

Segundo Vogel (2011), que utilizou a dissertação de Penna (2009) para realizar este levantamento¹, em cada período houveram características de estudo distintas, que foram:

- **Anos 50 e 60:** Aplicações em grandes corporações, grupos de desenvolvimento com seis a doze pessoas, programas a serem executados em grandes computadores, grandes investimentos em capital, aplicáveis a qualquer contexto, exigem conhecimento profundo da linguagem e muito tempo de desenvolvimento, não são totalmente reutilizáveis.

¹ PENNA, I. C. **Modelo de simulação para análise da gestão operacional de um estacionamento**. 2009. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

- **70 e início dos 80:** Utilização em um maior número de corporações, desenvolvimento e uso dos pacotes de linguagem, surgem linguagens de simulação baseadas em System Dynamics, mais amigáveis, mas ainda requerem um programador especializado.
- **80 e início dos 90:** Introdução do PC e da animação, presença de menus guia e caixas de diálogo, simulação realizada antes do início da produção, facilidade de uso, menos flexíveis do que as linguagens de propósito geral e do que a simulação, projetadas para permitir a modelagem rápida, dispõem de elementos específicos para representar filas, transportadores, entre outros, restringem-se a alguns sistemas específicos.
- **Após os anos 90:** Melhor animação e facilidade de uso, fácil integração com outras linguagens de programação, usada na fase de projeto, grande uso em serviços, grande integração com outros pacotes (bases de dados e processadores de texto), aprimoramento dos simuladores, o que permite modelagem rápida, integram a flexibilidade das linguagens de programação com facilidade de uso dos pacotes de simulação.

Um modelo, na maioria das vezes, é construído a partir de uma série de suposições concorrentes à operação do sistema, sendo que estas equações tendem a serem expressas através de equações matemáticas, lógicas ou simbólicas, e devem refletir as relações existentes entre os objetos de interesse do sistema. Assim que forem desenvolvidas, estas suposições devem ser validadas com o intuito de ter certeza de que estas refletem com exatidão a situação real que se quer simular e, a partir disso, é possível responder uma gama de questões do tipo “e se”, o que permite que alterações nos sistemas possam ter seus relativos impactos previstos antes mesmo da implementação real, ou mesmo para prever a performance dos sistemas diante de determinadas situações e circunstâncias (SCHNEIDER, 2004). Dado que o presente projeto visa o estudo de softwares que simulam a atividade humana, utiliza-se a modelagem humana tridimensional computacional, que só foi desenvolvida devido ao avanço das tecnologias relacionadas à computação, o que permitiu o acesso das empresas e de um número crescente de usuários à softwares e hardwares de alto desempenho. Com isso, nas últimas décadas, diversos modelos humanos foram desenvolvidos e tiveram seu uso difundido (MOURA, 2004). Estes modelos

podem com facilidade serem inseridos em projetos de dispositivos, ambientes e postos de trabalho, o que permite que os projetistas possam simular uma grande variedade de tarefas e também avaliar os impactos sobre a capacidade humana em uma série de quesitos (CHAFFIN, ANDERSON e MARTIN, 2001). Na década de 1960 surgiram os primeiros modelos humanos digitais, que eram tradicionalmente utilizados em projetos extremamente especializados (indústrias automobilística e aeroespacial) e limitados por sistemas CAD (Computer-aided design) específicos. No entanto, devido ao decréscimo dos custos de programas computacionais com modelos humanos, estas aplicações puderam ser estendidas para outras áreas.

Atualmente, além da ergonomia, muitas áreas se beneficiam com a utilização da simulação como suporte à tomada de decisões, sendo algumas dessas a construção civil, os processos de manufatura, fabricação de semicondutores, construção civil, aplicações militares, logística, transporte e distribuição, processos de negócios, avaliação do layout funcional em prestação de serviços e sistemas financeiros e econômicos (SCHNEIDER, 2004).

2.3 Relações entre ergonomia e simulação

Segundo Moura (2009), o papel do ergonomista se encontra em plena transformação, sendo que este não é mais somente um fornecedor de dados ergonômicos ou conhecimentos sobre o funcionamento do homem. Com isso, é possível afirmar que tal profissional também deve ser um ator do processo de concepção, cujo objetivo é melhorar as futuras situações de postos de trabalho do ponto de vista do bem-estar humano e da eficácia. Para conseguir que este objetivo venha a ser concluído, o ergonomista vai buscar transformar as representações dos projetistas atuantes a respeito do ser humano em situações de trabalho. Portanto, a compreensão da natureza do processo de projeto é um pré-requisito para posicionar e introduzir as questões ergonômicas, na busca por melhorias significativas nas situações de trabalho (MOURA, 2009).

Segundo Menegon (2003), o processo de projeto tem como objetivo transformar as recomendações derivadas da Análise Ergonômica do Trabalho em soluções que venham a integrar os distintos aspectos que envolvem as situações de trabalho. A integração entre métodos próprios da ergonomia e os métodos de projeto

propriamente ditos, permite que se alcance efetivamente as soluções a serem implementadas.

Para Wilson (2000), o papel da ergonomia consiste na compreensão das interações entre as pessoas e os artefatos e a consequente contribuição para o projeto dos sistemas de interação. Entretanto, na visão de Daniellou (2002), a ergonomia não deve somente descrever os processos de concepção, mas também os influenciar, visando favorecer uma concepção de situações de trabalho eficazes e compatíveis com a saúde dos trabalhadores.

Um dos principais objetivos dos softwares contextualizados pela Ergonomia é desenvolver ferramentas que permitam que parâmetros e informações ergonômicas sejam acessadas nos primeiros estágios de um projeto em design (FEYEN et. al., 2000). No desenvolvimento de postos de trabalho ou de produtos, três etapas estão sempre presentes. A primeira consiste em integrar informações a respeito dos processos, equipamentos, máquinas, ferramentas e operadores. A segunda etapa se resume em reconhecer as restrições do processo que podem vir a ocasionar conflitos. E, por último, é necessário gerar um design aceitável para todas as partes envolvidas. Para facilitar a realização destas três etapas, foram desenvolvidos os softwares contextualizados pela Ergonomia (FEYEN et. al., 2000).

No geral, não levando em consideração estes softwares, as técnicas para analisar fatores ergonômicos em postos de trabalho focam-se no singular aspecto da performance do operador em questões mais voltadas à biomecânica do ser humano, como posturas e força (FEYEN et. al., 2000). Entretanto, isto requer que o designer venha a conduzir separadamente as análises usando diferentes ferramentas, sendo muitas delas de difícil aplicação caso não haja um protótipo ou um mock-up físico. Como resultado, muitos pesquisadores vieram a desviar os seus respectivos focos em desenvolver ferramentas que permitam que informações sobre os parâmetros ergonômicos sejam utilizadas antes que o posto de trabalho em estudo fosse implementado, fazendo com que fosse desenvolvido um método “reativo” ao invés de um método “proativo”. Com o auxílio dos softwares CAD (Computer-aided design), os projetistas são capazes de desenvolver análises que minimizem os riscos de um operador, antes mesmo que este venha a operar em um determinado posto de trabalho (FEYEN et al., 2000).

Portanto, a função do ergonomista, como membro da equipe de projeto responsável pela concepção de uma determinada situação produtiva, não se encerra na Análise Ergonômica do Trabalho e nem mesmo durante a implantação das mudanças positivas nas situações de trabalho (MOURA, 2009). Afinal, segundo ERGO&AÇÃO (2003):

“(...) é fácil constatar que a nova situação revelará novos reveses, os quais colocarão em ação a inteligência inovadora, tanto daqueles que operam o dispositivo técnico, como daqueles que se encarregam da sua concepção. ”

Diante disso, é possível configurar a necessidade de uma atuação cíclica e contínua da ergonomia dentro das organizações.

3. METODOLOGIA

A realização do presente projeto teve como metodologia a busca por estudos de caso já realizados acerca do assunto. A pesquisa se concentrou em textos acadêmicos publicados no período de 2004 a 2017. Para isso, foram utilizadas as bases de dados ProQuest Dissertations & Theses Global: Science & Technology e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – Periódicos. Com o intuito de facilitar a seleção dos textos acadêmicos a serem analisados foram definidos dois indicadores de pesquisa baseados na dupla temática presente na pesquisa, sendo, portanto, referentes a ergonomia e referentes a simulação. As palavras-chave selecionadas relacionadas ao primeiro indicador (ergonomia) foram Ergonomia, análise ergonômica do trabalho, parâmetros ergonômicos (Ergonomics, Ergonomic work analysis e ergonomics parameters) e as relacionadas ao segundo indicador (simulação) foram softwares, simulação humana, sistemas produtivos (softwares, human simulation e productive systems). As palavras-chave foram pesquisadas em ambas as bases de dados de forma combinada, ou seja, um único indicador referente a ergonomia para um único indicador referente a simulação. Com o intuito de diversificar a pesquisa, na base de dados Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – Periódicos as palavras-chave foram pesquisadas em português, enquanto que no ProQuest Dissertations &

Theses Global: Science & Technology as mesmas foram pesquisadas em inglês. Em nenhuma das bases de dados foi especificado um assunto a ser analisado, gerando, portanto, resultados gerais. Ao fim, foi gerado um número expressivo de resultados para cada base de dados, conforme consta na tabela 1. A partir deste resultado, visando selecionar os textos acadêmicos a serem analisados nesta pesquisa, como critério de classificação foi utilizada a relevância de tais, ordenando, portanto, os resultados encontrados de acordo com este quesito. Com isso, inicialmente o foco da pesquisa foi para os resumos disponibilizados dentre os dez resultados mais relevantes de cada combinação. A leitura de dez resumos dos textos acadêmicos classificados como mais relevantes para cada uma das combinações de palavras-chave resultou em, no total, noventa títulos para cada base de dados. Após isso, alguns destes textos acadêmicos foram selecionados para leitura na íntegra, enquanto outros que não abordavam a dupla temática em questão em conjunto foram excluídos. Diante disso, foram incluídos os textos acadêmicos que abordassem simultaneamente ergonomia e simulação e que possuísem estudos de casos que empregaram a utilização de softwares contextualizados pela ergonomia desde 2004 e excluiu-se publicações que abordavam apenas um tema ou outro, ou aquelas que abordavam a dupla temática em questão, mas não possuíam estudos de casos.

Tabela 1 – Resumo quantitativo dos resultados obtidos nas bases de dados

		Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) – Periódicos			TOTAL
		Ergonomia			
		Ergonomia	Análise Ergonômica do Trabalho	Parâmetros Ergonômicos	
Simulação	Softwares	7.910	15.300	11.100	99.520
	Simulação Humana	9.030	7.910	5.770	
	Sistemas Produtivos	15.300	15.400	11.800	

		ProQuest Dissertations & Theses Global: Science & Technology			TOTAL
		Ergonomia			
		Ergonomics	Ergonomics Work Analysis	Ergonomics Parameters	
Simulação	Softwares	6.013	5.924	45.466	155.355
	Human Simulation	4.229	4.169	19.793	
	Productive Svstems	1.564	1.559	66.638	

A partir da leitura dos resumos, foi possível selecionar os resultados que iriam ser lidos na íntegra e incluídos no conteúdo deste trabalho. Do total, sete foram selecionados, sendo duas dissertações, duas teses e três artigos, totalizando vinte e

um estudos de casos, visto que alguns resultados possuíam mais do que um estudo de caso. Todos os estudos de casos referentes a sistemas de produção que foram projetados utilizando softwares que contextualizassem a Ergonomia são mostrados resumidamente a seguir.

Tabela 2 – Resumo quantitativo dos estudos de casos encontrados

Autor(es)	Título	Estudos de Caso
Daniel Braatz et al	APLICAÇÃO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE SIMULAÇÃO HUMANA NO PROJETO DE UMA MESA EMBALADORA MANUAL	1
Michel Silverio	O USO DA SIMULAÇÃO EM ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO: UMA REFLEXÃO A PARTIR DO PROJETO DE UMA CABINE DE PONTE ROLANTE EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO	1
Brad Joseph et al.	COMPUTER-AIDED ERGONOMICS: A CASE STUDY OF INCORPORATING ERGONOMICS ANALYSES INTO WORKPLACE DESIGN	1
Akhev Samson	DIGITAL HUMAN MODELING FOR ERGONOMIC ASSESSMENT OF PATIENT LIFTING BY PARAMEDICS	1
Daniel Braatz	ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO HUMANA NO PROJETO DE SITUAÇÕES PRODUTIVAS	2
Wen Cao	ERGONOMIC ASSESSMENT OF SONOGRAPHY WORKPLACE AND POSTURE PARAMETERS USING DIGITAL HUMAN MODELING	1
Daniel Braatz et al.	APLICAÇÕES DA TECNOLOGIA DE SIMULAÇÃO HUMANA EM PROJETOS DE SITUAÇÕES PRODUTIVAS	13

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro resultado mostrado na tabela 2 consiste em uma publicação que descreve e avalia a utilização do software de simulação da atividade humana contextualizado pela ergonomia Jack 2.1 no processo de projeto de uma mesa embaladora manual, considerando, portanto, ergonomia e simulação. Trata-se de uma mesa de empacotamento manual para uma indústria de fabricação de material escolar, sendo os principais produtos embalados as canetas hidrográficas, esferográficas, lapiseiras e apontadores plásticos de lápis. Através, inicialmente, da análise do trabalho, foi possível verificar a necessidade de se projetar uma regulagem de altura da plataforma para os pés, com o intuito de proporcionar o espaço de regulação para os trabalhadores das distintas dimensões antropométricas, além de analisar as opções pelas posturas de trabalho em pé e trabalho sentado, visto que foi considerado a existência de longos períodos em uma mesma posição como um fator de risco ergonômico para se eliminar. Então, foi desenvolvido o modelo virtual, inicialmente modelando o ambiente em um software CAD, e depois os modelos digitais humanos utilizando o software Jack 2.1. Com isso, foi prototipado e simulado virtualmente o uso da mesa por uma mulher percentil 05 e por um homem percentil 50 (correspondendo ao percentil 95 feminino, dado que a maior parte da população era do sexo feminino). Para se obter uma utilização adequada do trabalho na posição sentada, foi especificado a utilização de uma cadeira alta (modelo comercial), onde as simulações consideraram o uso da cadeira em sua altura mínima, de 640 mm

(medindo-se da parte superior do acento ao solo), para o manequim masculino e na sua altura máxima, 740 mm, para o manequim feminino, podendo-se, então, avaliar as alturas máximas e mínimas desejadas do apoio para os pés, além de nessa etapa também projetar um sistema de fixação que permitisse a fácil regulação da plataforma. Os resultados obtidos foram: altura mínima de 150 mm da regulação da plataforma para os pés e altura máxima de 350 mm. As contribuições da utilização desta tecnologia foram: auxílio na comunicação entre as diferentes pessoas envolvidas no processo de projeto, redução do tempo de projeto e validação, consideração de fatores ergonômicos de forma antecipada, antecipação da possível colisão entre a plataforma com o apoio circular da cadeira, além do desenvolvimento de um sistema que permite que o próprio operador realize a regulação da plataforma.

O segundo resultado mostrado na tabela 2 consiste em uma dissertação que aborda a aplicação da ergonomia no desenvolvimento de uma cabine de ponte rolante em uma indústria de refino de petróleo, utilizando o software Jack 4.1 e levantando as contribuições e constrangimentos que a simulação pode trazer ao processo de concepção de sistemas de trabalho, tendo como objetivos específicos a compreensão da participação da ergonomia no processo de concepção de uma cabine de ponte rolante, a apresentação do desenvolvimento de cenários e ambientes de simulação contextualizados pela perspectiva da ergonomia e a discussão da atuação da ergonomia no contexto específico dos processos de projetos de novos espaços de trabalhos na indústria refinadora de petróleo. A situação escolhida para o presente estudo de caso foi o projeto de reforma e modernização de uma cabine de ponte rolante localizada no setor de coque em uma das unidades de refino de petróleo e gás natural de uma empresa nacional de grande porte. Inicialmente, foi aplicado o método de Análise Ergonômica do Trabalho (AET), visando compreender as ações realizadas pelos operadores com o intuito de identificar o conjunto de determinantes existentes. Então, o ambiente foi modelado virtualmente utilizando um software CAD e este foi importado para o software Jack 4.1. As simulações visavam prever o alcance do operador para os botões e manetes, a visibilidade frontal, lateral e inferior do operador, o espaço dentro da cabine, assim como o espaço reservado para a movimentação do operador (membros inferiores e apoio para os pés), visando avaliar os possíveis constrangimentos que a nova cabine pudesse vir a ocasionar. Por fim, com a aplicação da nova cabine, foi possível detectar melhorias na visibilidade do operador, ausência

de barulho na cabine, regulação da altura da poltrona e regulações do encosto da cadeira. Portanto, o uso da simulação permitiu que uma nova cabine fosse implementada sem expor o operador a riscos, mas sim prevendo estes antes mesmo que o operador viesse a utilizá-la.

O terceiro resultado mostrado na tabela 2 consiste em um artigo que traz consigo um estudo de caso que utilizou o software 3DSSPP, referente a uma atividade específica desenvolvida em uma indústria automobilística. A atividade analisada requeria que um trabalhador pegasse um conversor de torque de 16,3 quilos de um dos quatros possíveis posicionamentos deste em um determinado suporte, carregasse este na altura da cintura até uma esteira, e por fim instalasse o conversor em uma caixa de transmissão localizada na esteira. O trabalhador então deveria rotacionar este conversor para alinhá-lo com a caixa de transmissão e então puxar o conversor para dentro da caixa. Visando auxiliar no carregamento do peso, o estudo de caso também analisa uma outra situação onde existe um dispositivo que auxilia o trabalhador a erguer e carregar a carga necessária para realizar a mesma atividade. A interface 3DSSPP/AutoCad depende do software 3DSSPP para prever alguns fatores como força de articulação e força de compressão nas costas impostas a um trabalhador. Para prever isto, o 3DSSPP necessita ter como input a direção e a magnitude da força manual exercida pelo operador, gênero e aspectos antropométricos de tal e também sua postura. No caso do carregamento manual, a força exercida pelo trabalhador é equivalente ao peso do conversor. No outro caso, em que o operador possui um sistema que o auxilia a levantar e carregar o conversor, duas forças separadas são usadas: uma referente a força de levantamento e outra referente ao força utilizada na manipulação do braço de equilíbrio. O manequim tridimensional gerado pelo 3DSSPP pode ser articulado com onze pontos principais do corpo e 16 ligações rígidas diretas. O software utiliza a altura e o peso inseridos para derivar comprimentos e pesos das constantes de proporcionalidade do Drillis e Contini (FEYEN et al., 2000 apud. BECK, 1992). Além do mais, este oferece três métodos para modelagem da postura, sendo esses: entrada com o ângulo da junção, manipulação direta e um algoritmo de inversão cinemática. A utilização de cada método está relacionada com o conhecimento ou não da postura adota pelo trabalhador em sua atividade. Uma vez que o modelo do ser humano e sua postura já estão determinados, os seguintes itens podem vir a serem considerados: requisitos

visuais, alcance, espaço livre e fatores biomecânicos. Apenas após a definição de todos os parâmetros, é possível analisar os fatores biomecânicos. Esses fatores incluem a porcentagem de trabalhadores com antropometria definida que possuem força suficiente para superar a força exigida pela tarefa, a força de compressão nas costas e as forças de cisalhamento no disco L5/S1. O 3DSSPP calcula tais forças a partir das junções principais e compara o resultado obtido com as diretrizes de NIOSH² para capacidade de resistência das articulações e limites de compressão nas costas. Portanto, a utilização de tal software ocasionou uma redução geral no tempo do projeto, a aplicação de informações ergonômicas antecipadamente, na fase de design, uma melhor comunicação entre as preocupações ergonômicas e os designs alternativos e custos eficazes.

O quarto resultado mostrado na tabela 2 consiste em uma tese que utilizou a simulação contextualizada pela ergonomia para avaliar ergonomicamente o levantamento de pacientes por paramédicos, especificamente para quantificar o estresse da região lombar das costas de tais profissionais. Primeiramente, foi realizado um estudo de validação que replicava as tarefas mais executadas pelos paramédicos, utilizando o software Jack, visando garantir que o ambiente simulado que foi utilizado ao longo da pesquisa imitava, em grande parte, as tarefas executadas pelos paramédicos na vida real. Em seguida, as simulações realizadas foram voltadas para analisar o desempenho de dois fatores durante o levantamento dos pacientes: a altura do paramédico (variando de 1,60 metros até 1,93 metros) e o peso do paciente (a partir de 48 quilos) para os três tipos de equipamentos utilizados (maca, cama e cadeira). Então, a força aplicada na região lombar dos profissionais foi analisada de acordo com três alturas distintas para a maca (0,5 metro, 0,725 metro e 0,92 metro). Por fim, foi estudado o impacto de seis variáveis posturais do corpo com o intuito de relacioná-las com lesão lombar. Portanto, com a utilização desta ferramenta, foi possível observar que a altura da maca possui influencia na região lombar das costas para paramédicos com diferentes alturas e que as variáveis posturais assumidas durante os procedimentos de transferência dos pacientes podem aumentar ou diminuir o estresse da parte inferior das costas, o que ajuda os esquadrões a formar equipes ergonomicamente eficientes. Quanto mais alto for o paramédico, maior o esforço que o mesmo terá que realizar, o que aumenta ainda mais conforme o peso

² National Institute for Occupational Safety and Health

do paciente é elevado. Além do mais, o profissional que se encontra posicionado no lado da maca referente àquele que o paciente será transportado sofre maiores tensões, o que requer que no mínimo três paramédicos estejam presentes com o intuito de distribuir de maneira mais eficiente o peso do paciente, ficando posicionados um em cada ponta e outro do outro lado da maca. Em relação a postura, quando o ângulo do tronco for de 0° , 10° ou 20° o ângulo dos ombros deve ser -40° e quando for 30° , 40° ou 50° os ombros devem estar rotacionados a 70° .

O quinto resultado mostrado na tabela 2 consiste em uma dissertação que tem como objetivo apresentar como a simulação contextualizada pela Análise Ergonômica do Trabalho (AET) pode auxiliar nos processos de projeto de postos de trabalho. Para isso, dois estudos de caso são mostrados, o primeiro aborda a concepção de um balcão de atendimento em uma empresa pública de serviços postais e o segundo é a respeito do desenvolvimento de uma estação de trabalho de abastecimento de agulhas cirúrgicas em uma empresa de manufatura de produtos relacionados às áreas de saúde e higiene. Em ambos os estudos de casos foi utilizado o software Jack. No estudo de caso 1, a simulação tornou possível testar as formas do balcão, simulando individualmente o guichê e distintos arranjos com vários guichês, o que permitiu definir as dimensões e a forma para comportar os equipamentos e acessórios presentes no posto, assim como fatores de alcance e alternância entre usuários canhotos e destros, também permitiu definir a altura do tampo do balcão, testando as posturas em pé e sentada. As simulações também avaliaram o espaço livre para apoio dos membros superiores e inferiores, definindo, portanto, um tablado regulável para apoio dos pés. Além do mais, foi possível testar diferentes formas e dimensões para os móveis auxiliares, simulando a movimentação da entrada e saída de materiais e equacionou-se a distância necessária entre atendentes e clientes. No estudo de caso 2, a simulação permitiu definir a angulação do canal de alimentação com relação ao trabalhador, o que eliminou a necessidade de movimentos de flexão do punho para cada agulha, definiu-se a geometria da mesa, o suporte para os pentes, a esteira de transporte de agulhas, tudo evitando a possibilidade de colisão com relação aos membros inferiores do operador, além de posicionar os travamentos de sustentação da mesa de forma que o operador não utilizasse tal estrutura como apoio para os pés ou pernas, visto que sua geometria não possibilita um estável e planar, o que poderia

ocasionar danos à saúde do operador devido ao aumento da pressão decorrente da força exercida em uma pequena área do corpo humano.

O sexto resultado mostrado na tabela 2 consiste em uma tese que visa estudar vários fatores relacionados ao ambiente de trabalho de um sonografista e a postura de tal utilizando o software de simulação da atividade humana Jack 7.0. Ou seja, o processo de ultrassonografia é simulado, principalmente as tarefas de digitalização e digitação. As simulações foram realizadas considerando o gênero do profissional, percentil e o ângulo de rotação do corpo em duas posturas distintas: em pé e sentado. Os principais itens presentes na simulação digital eram a cama do paciente, a cadeira do sonografista e uma máquina de ultrassom Philips. Após simulado o ambiente digital, foram criados os modelos humanos feminino e masculino, de maneira que representassem 5%, 50% e 95% da população por peso e altura. Então, todas as possíveis posturas para as posições em pé e sentado foram definidas, sendo os parâmetros alterados em cada cenário o ângulo de rotação e a altura relativa da mesa e cadeira. Por fim, o estudo aplicou as seguintes ferramentas ergonômicas: RULA³, OWAS⁴ e análise de conforto. Como resultado, foi possível detectar que para manter o processo em uma zona segura é necessário uma cadeira ou outro instrumento ergonômico, que o gênero feminino apresenta menos stress do que o gênero masculino provavelmente devido ao fato de tais apresentarem altura e peso menores, que os profissionais que estão na faixa de percentil inferior apresentam menos estresse do que os que estão em um percentil mais alto e também que é aconselhável manter o ângulo de rotação do corpo dentro do valor sugerido na pesquisa. Além do mais, quanto maior o percentil e a rotação, maior será a força aplicada, quanto menor o ângulo de rotação, menor a força de flexão no braço direito e maior a força de flexão no braço esquerdo.

O último resultado mostrado na tabela 2 consiste em um artigo que apresenta treze estudos de casos que foram realizados nos últimos nove anos que utilizaram o software Jack em projetos de sistemas produtivos. O objetivo do artigo é mostrar as possibilidades e limitações da aplicação de tal tecnologia. O primeiro estudo de caso ocorreu em 1998 em uma empresa pública de serviços postais, tinha como objetivo subsidiar a aquisição de equipamentos para processamento de dados de objetos

³ *Rapid Upper Limb Assessment*

⁴ *Ovako Working Posture Analysis System*

postais e com o uso da simulação foi possível prever alturas adequadas para os distintos percentis da população na realização da tarefa nas posturas em pé e sentado. O segundo estudo de caso ocorreu em uma empresa do setor aeronáutico em 2001, o foco era construir normas para projetistas com as dimensões adequadas e a partir de uma pesquisa antropométrica da população de trabalhadores que obteve seus reais percentis, desenvolver manequins digitais humanos com tais variáveis e então simular as principais tarefas que utilizavam gabaritos para montagem estrutural de aeronaves. O terceiro estudo de caso também ocorreu em uma empresa do setor aeronáutico, mas no ano de 2002. O intuito de tal estudo era atender aos objetivos de um projeto acadêmico para melhoria do ensino de engenharia, onde buscou-se avaliar a utilização de tais softwares no ensino de graduação em engenharia. Baseada na aplicação de uma lixadeira pneumática utilizada na indústria aeronáutica, foi realizada a avaliação biomecânica da operação da lixadeira em superfícies verticais e horizontais, para então comparar as análises realizadas automaticamente pelo software com as análises tradicionais da biomecânica. O quarto estudo de caso ocorreu em 2003 em uma empresa do setor de linha branca para avaliar as operações realizadas pelos trabalhadores. Através das simulações foi possível observar as diferentes posturas que o posto de trabalho e a tarefa acabam por exigir do operador, além de avaliar o campo de visão e envelopes de alcance dos operadores durante a execução do processo. O quinto estudo de caso ocorreu em 2004 na organização Mini-Baja da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e com a utilização do software buscou-se validar a adequação que o cockpit sofreu em relação a postura do piloto, avaliando dois modelos de tal, e por fim sendo possível desenvolver um relatório técnico que apresentou as melhorias efetuadas no veículo a partir da aplicação dos módulos de análise presentes na ferramenta. O sexto estudo também ocorreu em 2004 e está relacionado a empresas públicas de serviços postais, visto que após a realização de análises em diversas unidades do país, foi projetada uma agência modelo. Tal agência foi projetada virtualmente, sendo possível observar o fluxo de pessoas e materiais no interior da agência, assim como avaliar o campo de visão tanto do atendente quanto do cliente em um atendimento. O sétimo estudo de caso que este artigo trouxe também ocorreu em 2004 e assim como o anterior, também está relacionado a empresas públicas de serviços postais. Neste estudo, após as análises de demanda, tarefa e atividade de um atendente postal, iniciou-se

um processo de projeto de um novo balcão de atendimento, sendo a simulação utilizada para projetar tal e tendo como principais resultados de seu uso as avaliações das plataformas dos pés, do uso de equipamentos e máquinas, do campo de visão e dos envelopes de alcance do cliente e do atendente, além da simulação facilitar a comunicação e compreensão entre os diferentes autores envolvidos no projeto. O oitavo estudo de caso ocorreu em uma empresa fabricante de produtos cosméticos, de higiene pessoal, farmacêuticos e médico-hospitalares novamente no ano de 2004. O objetivo principal do estudo foi justamente apresentar para a empresa o uso de tal software. Para isso, o posto de trabalho em suas condições atuais foi simulado, e após isso, foi desenvolvida e avaliada uma proposta para melhoria de tal. O nono estudo de caso que o artigo apresentou também ocorreu em uma empresa similar à do estudo anterior e no mesmo ano, a diferença é que focou na mesa de embalagem. Com o uso da simulação foi possível desenvolver uma solução conceitual que minimizasse os fatores de riscos que se encontravam presentes no processo produtivo, como movimentos extremos e repetitivos. O décimo estudo de caso ocorreu novamente em uma empresa similar à dos dois estudos anteriores, mas no ano de 2005 e voltada para a estação de abastecimento de agulhas. O objetivo era realizar a análise e projeto de uma estação de trabalho de abastecimento de agulhas. Novamente o software foi utilizado para apontar características construtivas que abordassem os requisitos desejados, em concordância com os parâmetros ergonômicos e indicadores de produção, permitindo que o projeto conceitual fosse desenvolvido e validado em um pequeno intervalo de tempo. O décimo primeiro estudo de caso apresentado no artigo ocorreu no Departamento de Engenharia de Produção da UFScar em 2006, onde a ferramenta foi utilizada para avaliar a interação de alunos e docentes em um laboratório didático, o que serviu para dar suporte aos relatórios técnicos de solicitação de recursos financeiros para reforma e ampliação do prédio. O penúltimo estudo de caso que o artigo em análise trouxe ocorreu em uma empresa fabricante de material escolar e de escritório também no ano de 2006. Diante do contexto de projeto de uma nova instalação industrial, foi desenvolvida uma nova concepção para o setor de embalagem e com a utilização da simulação foi possível auxiliar na comunicação entre as diferentes partes envolvidas no processo de projeto, diminuir o tempo de projeto e validação e, principalmente, antecipar a consideração dos fatores ergonômicos no processo. O último estudo de caso ocorreu em uma empresa pública

de extração, refino e distribuição de petróleo e derivados no ano de 2007 e teve como objetivo o desenvolvimento de uma solução para dosagem de pó em uma estação de tratamento. Após a análise e apresentação de todos esses estudos de caso, foi possível concluir a eficácia do uso de tal tecnologia, sendo as categorias nas quais os resultados podem ser classificados: determinação de altura de planos de trabalho, confecção de normas a partir de variáveis antropométricas de uma determinada população local, confecção e confrontação das análises biomecânicas presentes no software, observar e avaliar as distintas posturas que as tarefas e postos de trabalhos exigem dos operadores, simular movimentos humanos e fluxos de materiais em sistemas produtivos, observar e avaliar campos de visão, envelopes de alcance e regiões de possível conflito, auxiliar na comunicação, diminuir o tempo do projeto e como consequência seus custos e antecipação das considerações ergonômicas no processo de projeto.

5. CONCLUSÃO

A simulação está cada vez mais aumentando seu nível de aceitação, dado que seus resultados auxiliam na tomada de decisões, o que pode resultar em uma economia de tempo e recursos financeiros durante o desenvolvimento de projetos, aumentando, portanto, a produtividade e qualidade de tais, além de possibilitar a visualização do sistema graficamente, auxiliando muito também no processo de entendimento do processo em análise, principalmente para pessoas que não possuem conhecimento de tal (FREITAS FILHO, 2008). Esta pesquisa apresentou como base o estudo sobre softwares de simulação da atividade humana contextualizados pela Ergonomia, assim como a revisão bibliográfica a respeito principalmente de ergonomia e simulação. Foi possível concluir que o resultado obtido pela pesquisa coincidiu com a hipótese inicial estipulada, uma vez que os estudos de caso vieram a validar tal. Conforme visto anteriormente, algumas das contribuições foram: auxílio na comunicação entre as diferentes pessoas envolvidas no processo de projeto, redução do tempo de projeto e validação, consideração de fatores ergonômicos de forma antecipada, antecipação da possível colisão de membros inferiores com determinada plataforma, entre outras. Desta forma, é possível confirmar a importância de estudos

como os encontrados e este realizado sobre tal tema, visto que é de extrema importância e utilidade e, entretanto, ainda pouco conhecido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, Júlia; SZNELWAR, Laerte Idal; SILVINO, Alexandre. **Introdução à Ergonomia: Da Prática à Teoria – 1ª edição**. São Paulo: Blucher, 2009.

BANKS, Jerry; CARSON, John S.; NELSON, Barry L.; NICOL, David M. **Discrete-Event System Simulation**. 3.ed. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

BERTONCELLO, D. et al. **Utilização de instrumentos para caracterização de fatores de risco: resultados de uma aplicação em larga escala em linhas de produção**. In: ABERGO, 13, 2004, Fortaleza, Ceará, Brasil.

BRAATZ, Daniel et al. **Aplicações da tecnologia de simulação humana em projetos de situações produtivas**. 2007. Artigo – ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2007.

BRAATZ, Daniel et al. **Aplicação de ferramenta computacional de simulação humana no projeto de uma mesa embaladora manual**. 2007. Artigo – ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2007.

CAMAROTTO, João Alberto. **Estudo das relações entre o projeto de edifícios industriais e a gestão da produção**. 1998. Disponível em: <http://www.simucad.dep.ufscar.br/simucad/dn_camarotto98.pdf> Acesso em: 19 ago. 2016.

CAO, Wen. **Ergonomic assessment of sonography workplace and posture parameters using digital human modeling**. 2009. Tese - Capital University of Economics and Business, China, 2009.

CHAFFIN, F. B.; ANDERSON, G. B. J.; MARTIN, B. J. **Biomecânica Ocupacional**. Belo Horizonte: Ergo, 2001. 570 p.

DANIELLOU, F. **A análise da atividade futura e a concepção de instalações externas.** In: DUARTE, F. (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: Lucerna, 2002. P. 75-83.

DOPLER, F. Trabalho e Saúde. In: FALZON, P (Ed.). **Ergonomia.** São Paulo: Edgard Blucher, 2007. P. 47-58.

DUARTE, F. Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais. In: _____ (Org.). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro, Lucerna, 2002. P. 11-21.

ERIKSSON, J. **Possibilities and problems in using digital human models in ergonomics.** Lund: Dep. of Design Sciences; Lund Institute of Technology. Disponível em:<<http://simucad.dep.ufscar.br>>. Acesso em 20 mar. 2017.

ERGO&AÇÃO. **Ergonomia e Projeto.** São Carlos: UFSCar/DEP, v. 1, 2003b. 50 p. Disponível em:<<http://www.simucad.dep.ufscar.br>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

FALZON, P. Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia. In: _____(Ed.). **Ergonomia.** São Paulo: Edgard Blucher, 2007. P. 03-19.

FEYEN, R. et al. **Computer-aided ergonomics: a case study of incorporating ergonomics analyses into workplace design.** Applied ergonomics, v.31, n.3, p. 291-300, 2000.

FONTES, A. R. M. et. al. **Projeto de guichê de atendimento contextualizado pela análise ergonômica do trabalho.** GEPROS, gestão da produção, operações e sistemas, v.2, p. 111-124, 2006.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena.** 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 372 p.

GARRIGOU, A. et. al. **Contribution at démarche de l'ergonomie dans lês processus de conception.** Pistes, Montreal, v.3, n.2, 2001. Disponível em:<<http://www.pistes.uqam.cam>>. Acesso em: 10 abr. 2017.

GIL, C. Antônio. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas. 4ª ed. São Paulo, 2002.

HUBKA, V.; EDDER, E. **Design Sciense: Introdution to the needs, scope and organization of engineering design.** London: Springer, 1996, 251 p.

JACKSON, M. A participação dos ergonomistas nos projetos industriais. **Produção**, São Paulo: n. especial, pp. 61-70, 2000.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. **Simulation with arena.**4. ed. New York, NY: McGraw-Hill, c2007. 630 p.

KELTON, David W.; SADOWSKI, Randal P.; SADOWSKI, Deborah A. **Simulation With Arena.** 2.ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

LAW, A. M.; KELTON W. D. **Simulation Modeling and Analysis**, 2.ed. New York: McGrawHill, 1991.

LAW A. M.; McCOMAS M. G. **Simulation of Manufacturing Systems.** In: PROCEEDINGS OF THE 1998 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1998, Washington, D.C.. Los Alamitos, CA: D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds., 1998. p 49 – 52.

MATTILA, M. Computer-aided ergonomics and safety: a challenge for integrated ergonomics. **International jornal of industrial ergonomics**, v. 17, n. 4, p. 309 – 314, 1996.

MEISTER, David. Simulation and modelling. In: WILSON, John R (ed), CORLLET, E Niguel (ed). **Evaluation of Human Work: a practical ergonomics methodology** 2.ed. Philadelphia, PA: Taylor & Francis, 1995.

MENEGON, N. L. **Projeto de Processos de trabalho: o caso da atividade do carteiro**. 2003. 259 p. Tese (Doutorado em Produto). COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

MOURA, Daniel Braatz Antunes de Almeida. **Análise da aplicação de ferramenta computacional de modelagem e simulação humana no projeto de situações produtivas**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3609/2245.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 out. 2016.

PATIENT **Simulation Program**. Disponível em: <www.csc.edu/DOCS/NURS/psphistory.htm>. Acesso em: 05 set. 2016.

PENNA, I. C. **Modelo de simulação para análise da gestão operacional de um estacionamento**. 2009. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

PRADO, D. S. **Usando o arena em simulação**. 4. ed. Belo Horizonte: INDG-Tecnologia e serviços, 2010. v. 3 307 p.

SAMSON, Akiev. **Digital human modeling for ergonomic assessment of patient lifting by paramedics**. 2007. Tese – Mumbai University, Mumbai, India, 2007.

SILVERIO, Michel. **O uso da simulação em ergonomia de concepção: uma reflexão a partir do projeto de uma cabine de ponte rolante em uma refinaria de petróleo**. 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3672/3755.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 jul. 2017.

SCHNEIDER, Carlos Sérgio. **Utilização dos aspectos ergonômicos na simulação de sistemas de produção.** 2004. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/carlos_s_schneider.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2016.

TORRES, I. **Um formalismo relacional para o desenvolvimento de arranjo físico industrial.** 2007. 205 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). PPGE/DEP Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

VOGEL, C. C. **Simulação e estudo da ergonomia física do processo industrial de paletização de caixas de leite UHT.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.

WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. **Applied ergonomics**, v.31, n. 6, p. 557-567, 2000.