



Aplicação de Realidade Aumentada para otimização Ergonômica de Flow Rack Industrial

Farney Coutinho Moreira
farney.coutinho@aedb.br
AEDB

Jéssica Coelho Leal
jessicaleal.rj@hotmail.com
AEDB

Yasmin Veiga Seixas Ferreira
yasmin.seixas09@hotmail.com
AEDB

Resumo: Este artigo visa demonstrar os benefícios que podem ser proporcionados às empresas com o investimento da ergonomia em suas operações. Neste conceito foi realizada uma análise com a ferramenta RULA para demonstrar os desvios ergonômicos que um flow rack pode proporcionar ao colaborador e as medidas que deverão ser tomadas pela empresa. Ao identificar os desvios foi realizado um estudo para elaboração de um mobiliário que atenda tanto o colaborador quanto a empresa, o qual foi elaborado no CATIA com intuito de produzir um desenho com definição digital e simular como deverá ocorrer o manuseio do mesmo. A fim de acompanhar as tendências da Indústria 4.0 que é a conectividade entre as coisas, será utilizado o conceito de realidade aumentada para apresentação do protótipo, promovendo a praticidade em visualizar o mobiliário, economizando com isto os custos aplicados no projeto. O software empregado para este feito é o Artoolkit, que proporciona uma visão 3D do projeto e possibilita a interação do virtual com o mundo real. Espera-se que com a utilização deste método tenha um grande impacto na relação entre pessoas, facilitando a explicação, entendimento e comunicação ao visualizar este conteúdo e podendo gerar maior interesse em conhecer o projeto.

Palavras Chave: Flow Rack - Indústria 4.0 - Realidade Aumentada - Catia V5 - Artoolkit



1. INTRODUÇÃO

O marco na história da ergonomia foi a criação da primeira sociedade de ergonomia, que ocorreu após a Segunda Guerra Mundial (em 1949). Os países comprometidos com a Segunda Guerra Mundial aprimoraram os armamentos já existentes, porém os mesmos não atendiam aos soldados em razão de seu tamanho e peso.

Por este motivo, surgiram muitos acidentes em razão da não funcionalidade dos armamentos para os soldados. Então, alguns profissionais da área de medicina, engenharia e fisiologia reuniram-se para obter uma solução para este problema.

Com o término da guerra, estes profissionais continuaram os estudos. E em 1949, originou-se a primeira sociedade de ergonomia, com intuito de estudar os fatores humanos e econômicos.

A ergonomia chegou ao Brasil em 1980, com a elaboração da Norma Regulamentadora nº 17, que determina padrões de ergonomia que permitam adequar as condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores. Desta forma a ergonomia foi crescendo no Brasil, prezando pelo bem-estar do colaborador e consequentemente proporcionando redução de custos a empresa.

2. SITUAÇÃO PROBLEMA – ESFORÇOS EXCESSIVOS E POSTURAS INADEQUADAS

Os esforços excessivos exercidos pelo operador e as posturas inadequadas que determinados flow racks proporcionam ao mesmo, podendo ocasionar desvios nos membros superiores e inferiores e futuramente acarretar a empresa perdas em consequência de processos judiciais.

3. JUSTIFICATIVA

Segundo o pesquisador francês Savall apud Bispo (2013), quando a empresa incentiva a ergonomia várias são as vantagens que são evidenciadas, tais como:

1.Redução de até 3% no absenteísmo (ausência do funcionário do posto de trabalho). Sabemos que quando um talento não está presente para realizar as suas atividades, muitas vezes não apenas a sua produtividade fica comprometida, mas também a de outros colegas de trabalho pode ser prejudicada.

2.Diminuição do desperdício da matéria-prima e dos produtos não conformes em até 25%. Vale salientar que quando se evita o desperdício, a empresa tem lucros e, muitas vezes, melhora a sua imagem junto à sociedade, principalmente quando o negócio pode causar impactos sobre o meio ambiente. O sentimento de responsabilidade social torna-se visível aos stakeholders.

3.Os pedidos dos clientes chegam a ser entregues em até 95%, dentro do prazo estimado. E cliente satisfeito resulta em novas oportunidades de negócio para a organização.



4. Investimento na ergonomia significa melhoria na qualidade de vida das pessoas, pois estudos comprovam que também ocorre a queda de índices de acidentes e incidentes (quase acidentes) no dia a dia dos trabalhadores.

5. Com um ambiente ergonomicamente correto para exercer as atividades, os colaboradores conseguem dar uma melhor entrega nas mesmas. A consequência é a melhoria da qualidade dos produtos e, em decorrência, acontece uma diminuição em produtos com defeitos na linha de produção. Lucro certo para qualquer empresa.

6. Uma vez que os profissionais têm melhores condições de trabalho, a empresa que investe na ergonomia chega a alcançar uma queda de até 50% na taxa de retrabalho.

7. Com a diminuição do retrabalho, a tendência é o crescimento natural da produtividade e, conseqüentemente, as chances de crescimento frente à concorrência tornam-se reais.

8. Outro aspecto que merece ser destacado a partir dos investimentos ergonômicos é o sentimento de valorização do profissional. Quando as pessoas recebem suporte para exercerem suas atividades com dignidade, estabelecem mecanismos comportamentais que influenciam positivamente suas permanências no ambiente de trabalho.

9. Ambiente de trabalho em que profissionais atuam com satisfação impacta ainda no sentimento de harmonia entre os talentos e isso, por sua vez, é uma das portas que se abre para que o espírito de equipe seja estimulado.

10. Melhoria na qualidade de vida do trabalho também ajuda a reduzir os índices de turnover (índice de rotatividade representa a taxa média de saída dos funcionários). Quando isso ocorre, a empresa retém seus talentos e o capital intelectual recebeu investimento para o desenvolvimento de competências não sairá à procura de novas oportunidades no mercado.

De acordo com a citação acima compreende-se que o incentivo a ergonomia na indústria auxilia na melhoria da rotina do colaborador, proporcionando aumento na qualidade de vida e diminuição de custos para a empresa.

4. OBJETIVO

O principal objetivo do presente trabalho é demonstrar a importância do investimento da ergonomia nas empresas e conseqüentemente os benefícios que a mesma pode gerar, bem como a elaboração de um mobiliário que atenda às necessidades do colaborador, auxiliando na diminuição dos esforços excessivos e posturas inadequadas que alguns flow racks proporcionam atualmente.



5. METODOLOGIA DE PESQUISA

É uma pesquisa experimental realizada através da aplicação prática, tendo em vista a elaboração de um protótipo em realidade aumentada; o objetivo é explicativo, isto é, clarifica o conceito de flow rack industrial automatizado que será demonstrado de forma prática; seus métodos são empregados através de pesquisas experimentais e bibliográficas, pois as referências serão fundamentadas em livros, publicações e páginas da internet para complementar este conceito.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

6.1. MÉTODO RULA: ANÁLISE DE MOVIMENTOS ARTICULARES

O método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) foi aprimorado por Mcatamney e Corlett (1993), sendo este método uma ferramenta ergonômica constituída de uma análise dos membros superiores e inferiores, que são fragmentados em dois grupos, A e B. O grupo A é composto por membros superiores (braços, antebraços e punhos). Já o grupo B é composto por outros membros (pescoço, tronco, pernas e pés). As posições e angulações reais de trabalho devem ser compatíveis com as posturas e angulações ilustradas pelo método RULA. Foram conferidas classificações crescentes de modo que o movimento ou postura com menor risco de danos ergonômicos seria o número 1, e assim sucessivamente até o número 7, sendo o maior risco de danos ergonômicos. Após as análises realizadas na tabela A e B, as pontuações são registradas na tabela C, onde será adquirida a pontuação final para a avaliação ergonômica.

- Grupo A – Avaliação dos membros superiores:

Braço: Após análise da angulação dos braços durante a realização da atividade, pontua-se valores de 1 à 4. Adiciona-se desta pontuação, 1 ponto quando o braço estiver flexionado ou abduzido. Em contraparte, retira-se 1 ponto desta pontuação se o braço estiver suportado ou apoiado.

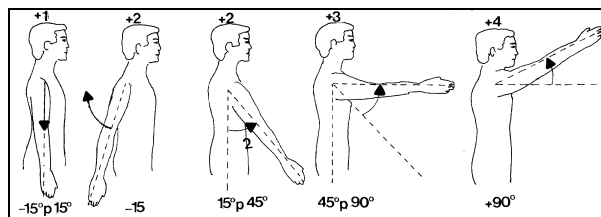


Figura 1: Ilustração da angulação do braço.

Fonte: Ferramenta RULA.

Antebraço: Neste caso será analisado a angulação do antebraço, pontuando valores de 1 à 2. Adiciona-se um ponto quando o antebraço ultrapassa a linha média do corpo.

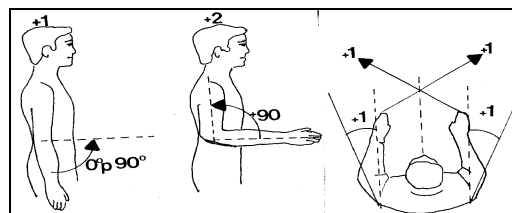


Figura 2: Ilustração da angulação do antebraço.

Fonte: Ferramenta RULA.



Punhos: Neste caso será analisado a angulação do punho, pontuando valores de 1 à 3. Adiciona-se um ponto quando o punho ultrapassa a linha média da mão.

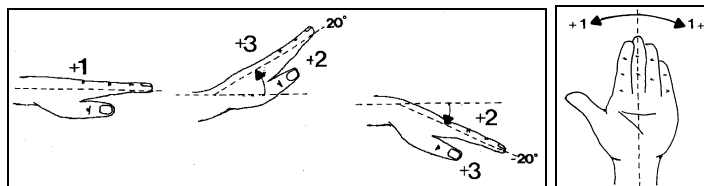


Figura 3: Ilustração da angulação dos punhos.

Fonte: Ferramenta RULA.

Após as pontuações concedidas a cada membro do Grupo A, deverá basear-se na tabela A para obtenção da pontuação final do mesmo.

TABELA A

Braço		Punho - flex / ext									
		Ante		1		2		3		4	
		Braço	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	
	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
	3	2	3	2	3	3	3	3	4	4	
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
	3	2	3	3	3	4	4	4	4	5	
3	1	2	3	3	3	4	4	4	5	5	
	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	
	3	2	3	3	4	4	4	4	5	5	
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5	5	
	2	3	4	4	4	4	4	4	5	5	
	3	3	4	4	5	5	5	5	6	6	
5	1	5	5	5	5	5	5	6	7	7	
	2	5	6	6	6	6	7	7	7	7	
	3	6	6	6	7	7	7	7	7	8	
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9	9	
	2	7	8	8	8	8	9	9	9	9	
	3	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

Figura 4: Pontuação do grupo A.

Fonte: Ferramenta RULA.

- Grupo B – Avaliação dos outros membros:

Pescoço: Após a realização da análise no posto de trabalho, classificam-se os pontos de 1 à 4, conforme a angulação dos movimentos realizados durante a jornada de trabalho. Adiciona-se 1 ponto para casos em que a atividade obrigue o colaborador a torcer o pescoço ou lateraliza-lo.

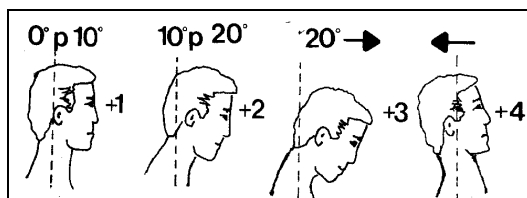


Figura 5: Ilustração da angulação do pescoço.

Fonte: Ferramenta RULA.

Tronco: Neste caso classificam-se os pontos de 1 à 4. Adiciona-se 1 ponto quando o tronco estiver inclinado lateralmente ou rodado ou sentado.

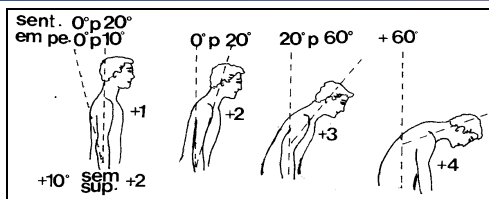


Figura 6: Ilustração da angulação do tronco.

Fonte: Ferramenta RULA.

Pernas e Pés: para este caso serão classificados e pontuados como 1, quando as pernas estão apoiadas e como 2, quando não estão.

Após as pontuações concedidas a cada membro do Grupo A, deverá se basear na Tabela A para obtenção da pontuação final do mesmo.

TABELA B
TRONCO

	1		2		3		4		5		6	
	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna
Pesc	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6
4	2	3	2	3	3	4	4	5	6	6	6	6
5	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6

Figura 7: Pontuação do grupo B.

Fonte: Ferramenta RULA.

A classificação dos desvios ergonômicos serão obtidas na Tabela C, podendo obter o resultado 1, que seria o menor risco de danos ergonômicos e assim sucessivamente até o resultado 7, que seria o maior risco de danos ergonômico.

TABELA C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 8: Classificação dos riscos ergonômicos

Fonte: Ferramenta RULA.

Após a obtenção do resultado final, o mesmo deve ser comparado com a tabela 4, para que sejam tomadas as medidas cabíveis pela empresa.

Tabela 1: Resultado final e medidas a serem adotadas.

Nível 1	Pontuação de 1-2	Postura aceitável de não repetida ou mantida durante longos períodos.
Nível 2	Pontuação de 3-4	Investigar, possibilidade de requerer mudanças.
Nível 3	Pontuação de 5-6	Investigar, realizar mudanças rapidamente.
Nível 4	Pontuação +7	Mudanças imediatas.

Fonte: Ferramenta RULA.



6.2. CATIA V5: MODELAÇÃO EM 3D

Atual líder de mercado CATIA, que significa “Aplicativo interativo tridimensional assistido por computador”, foi desenvolvido pela Dassault Systèmes desde 1981, onde sua versão mais atualizada é a V6.

Podendo ser utilizada no ramo Aeroespacial, Automotivo, Indústria de Máquinas e Design de Equipamento Marítimo, é vista como uma ferramenta de qualidade e durabilidade devido sua ampla utilização de engenheiros e projetistas de CAD. Plataforma Avançada de Software CAD pode ser utilizada para projetar modelos mecânicos, analisar projetos identificando irregularidades, áreas de interferências antes de fabricar protótipos para teste.

O programa apresenta ferramenta para construção e manufatura de produtos, permitem a demonstração em definição digital e em simulações do mesmo. Sendo capaz de facilmente executar todas as mudanças necessárias no desenho digital para aprimoramento constante do projeto. Minimizando a ameaça de realização de modificações caras e tardias. Possibilita registrar e copilar as melhores informações para criação de um projeto e compartilhar com os usuários, alcançando resultados ótimos, livres de erros.

O software CATIA será utilizado para a criação e simulação do projeto, para contribuir no sentido de minimização de tempo e otimização da ergonomia do Flow Rack como projeto de estudo, com o intuito de reduzir os custos, sem prejudicar as características mecânicas finais do produto.

Para realizar a construção do Flow Rack requer um processo para extrair as informações sobre os componentes, sistemas funcionais do modelo original para modificação. O objeto é cuidadosamente medido para identificar o tamanho, tolerâncias dados que são utilizados para alimentar o software CAD, em 3D. O Projeto em 3D no CAD desenvolvido se dividiu em 2 partes:

- Rotina Part Design para construção das peças separadamente, utilizando geometrias simples e ferramentas complexas para realizar modificações nos perfis tornando-o peças completas. Esta ferramenta encontra-se representada na figura 6.
- Rotina Assembly design foi utilizada para conectar de maneira funcional as peças construídas. Esta ferramenta está representada na figura 7.

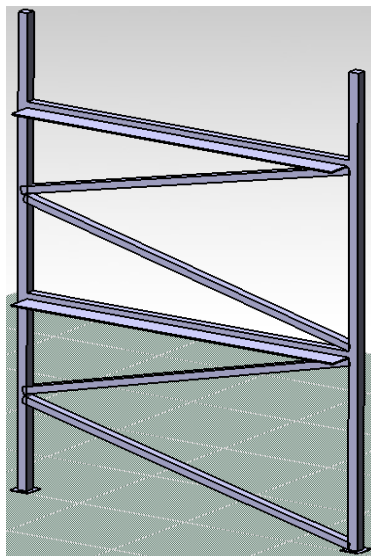


Figura 9: Estrutura lateral do Flow Rack.

Fonte: Catia V5.

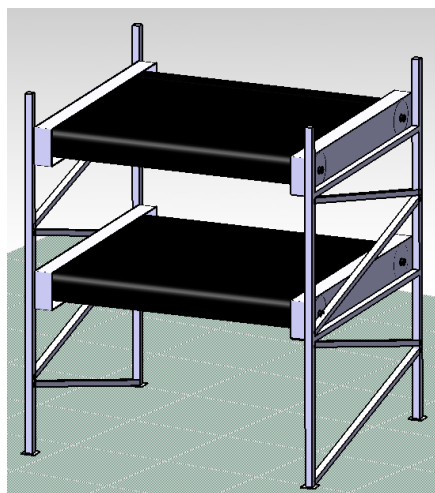


Figura 10: Ilustração do Flow Rack.

Fonte: Catia V5.

A ilustração digital de um projeto no programa CAD pode ser realizada utilizando geometrias simples, em sólidos ou superfície. O método de modelagem em sólidos permite que o mesmo possa ter propriedades físicas desejadas.

O flow rack na borda de linha possuía 4 níveis feito de PVC e conexões, na proposta demonstrada no artigo será inserido esteiras em cada nível para realizar a transferência do material do carro logístico para o flow rack, elevadores para transferir as caixas de um nível para o outro. Na figura 7, o projeto possui 2 níveis para a demonstração, pela facilidade imposta pelo elevador poderá ser inserido mais nível conforme a necessidade do cliente. Irá dispor de um sistema automatizado e sensores para controlar sua posição.

6.3. REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é uma inovação que unifica o espaço tangível com o virtual, através da tela de um aparelho este método proporciona a visualização de imagens virtuais juntamente com imagens reais.

Este sistema funciona por meio de uma câmera que efetua uma decodificação, sendo estes códigos identificados por uma biblioteca computacional, consultando as informações que foram introduzidas na mesma, assim alguns elementos virtuais surgirão na tela do dispositivo sendo adicionado ao meio real.

Desta forma, segundo Tori, Kiner e Siscoutto (2006) a Realidade Aumentada (RA) deverá ter grande impacto no relacionamento das pessoas, pois facilita a formalização de ideias, através de novas maneiras de visualizar, comunicar e interagir com pessoas e informações.

6.3.1. ARTOOLKIT: SOFTWARE DE REALIDADE AUMENTADA.

O ARToolKit é um software para a detecção dos marcadores nas imagens e adição dos objetos virtuais nas imagens do mundo real. Este software utiliza métodos de visão computacional para fornecer a posição e a rotação 3D de padrões em imagem do ambiente. Estes padrões são expressos por marcadores 2D e são previamente cadastrados antes da execução da aplicação (KIRNER, SISCOUTTO, 2007).



As etapas para identificação dos marcadores são: primeiramente, a imagem registrada pela câmera sendo modificada para uma imagem binária. Após a realização da modificação, o programa verifica se há marcadores na imagem e os localiza, e confronta com as informações possuídas na biblioteca computacional. Quando o marcador é localizado, é acrescentado ao meio real uma imagem virtual tridimensional (3D) exatamente sobre o marcador.

Para que os marcadores sejam identificados por este programa é imprescindível que os mesmos possuam bordas pretas e sejam quadrados. Além disso, necessitam conter em seu interior símbolos registrados em sua biblioteca computacional.



Figura 11: Ilustração de Marcadores.

Fonte: Faculdade de Engenharia de Resende.

7. RESULTADOS DAS ANÁLISES DO RULA

Tomando o método RULA como embasamento, foi empregado para estudo de um mobiliário utilizado numa indústria automobilística localizada no polo industrial de Resende. Para realização deste estudo utilizamos um modelo de flow rack industrial com 4 níveis, sendo realizado apenas pela perspectiva do operador logístico. Segundo o estudo, para o operador logístico o mobiliário possui a altura do primeiro nível de 1400 mm., o segundo nível de 770 mm., o terceiro nível de 610 mm. e o quarto nível de 450 mm.

Segundo a ferramenta RULA, os resultados obtidos para os grupos A e B deverão ser somados de acordo com o peso de cada caixa, seguindo a tabela 5.

Tabela 2: Pontuação de carga e esforço.

Força e Carga	Pontuação
Menor que 2 kg – Intermitente.	0
Entre 2 kg e 10 kg. – Intermitente.	1+
Entre 2 e 10 kg. – Estático e Intermitente.	2+
Maior do que 10 kg. – Choque	3+

Fonte: Ferramenta RULA

Por este motivo, os resultados finais obtidos serão:

- Avaliação do 1º nível do mobiliário (1400 mm.)

Tabela 3: Pontuação Grupo A

Membros do grupo A	Pontuação obtida
Braço	4
Antebraço	3
Punhos	2
Desvio de Punhos	1

Fonte: Ferramenta RULA



TABELA A

		Punho - flex / ext							
Braço	Ante Braço	1		2		3		4	
		Desv		Desv		Desv		Desv	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	4	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6

Figura 12: Pontuação final do Grupo A

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo A foram inseridos na tabela A as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 4 pontos. Por se tratar de um nível que armazena caixas retornáveis e vazias, o peso é menor que 2 kg.

Tabela 4: Pontuação Grupo B

Membros do Grupo B	Pontuação Obtida
Pescoço	4
Tronco	2
Perna e pés	2

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA B

		TRONCO											
		1		2		3		4		5		6	
		perna		perna		perna		perna		perna		perna	
Pesc		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6
4	2	3	2	3	3	4	4	5	6	6	6	6	6

Figura 13: Pontuação final do Grupo A

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo B foram inseridos na tabela B as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 3 pontos. Por se tratar de um nível que armazena caixas retornáveis e vazias, o peso é menor que 2 kg.

Obtendo-se os resultados dos dois grupos as pontuações finais serão registradas na tabela C, sendo o resultado final de 4 pontos. Como este resultado se encontra na zona amarela, deve ser feito um estudo para modificação do flow rack.



TABELA C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 14: Classificação dos riscos ergonômicos

Fonte: Ferramenta RULA

- Avaliação do 2º nível do mobiliário (770 mm.)

Tabela 5: Pontuação Grupo A

Membros do grupo A	Pontuação obtida
Braço	1
Antebraço	1
Punhos	1
Desvio de Punhos	1

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA A

		Punho - flex / ext							
Braço	Ante Braço	1		2		3		4	
		Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4

Figura 15: Pontuação final do Grupo A

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo A foram inseridos na tabela A as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 1 ponto. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 4 pontos.

Tabela 6: Pontuação Grupo B

Membros do Grupo B	Pontuação Obtida
Pescoço	1
Tronco	1
Perna e pés	1

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA B

		TRONCO											
Pesc		1		2		3		4		5		6	
		perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5	5

Figura 16: Pontuação final do Grupo B

Fonte: Ferramenta RULA



Após a análise dos membros do grupo B foram inseridos na tabela B as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 1 ponto. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 4 pontos.

Obtendo-se os resultados dos dois grupos as pontuações finais serão registradas na tabela C, sendo o resultado final de 4 pontos (zona amarela). Como este resultado se encontra na zona amarela, deve ser feito um estudo para modificação do flow rack.

TABELA C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 17: Classificação dos riscos ergonômicos

Fonte: Ferramenta RULA

- Avaliação do 3º nível do mobiliário (610 mm).

Tabela 7: Pontuação Grupo A

Membros do grupo A	Pontuação obtida
Braço	3
Antebraço	2
Punhos	2
Desvio de Punhos	1

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA A

		Punho - flex / ext							
		1		2		3		4	
Braço	Ante Braço	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv	Desv
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	4	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5

Figura 18: Pontuação final do Grupo A

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo A foram inseridos na tabela A as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 3 pontos. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 6 pontos.



Tabela 8: Pontuação Grupo B

Membros do Grupo B	Pontuação Obtida
Pescoço	3
Tronco	2
Perna e pés	1

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA B

		TRONCO											
		1		2		3		4		5		6	
		perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna	perna
Pesc		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6
4	2	3	2	3	3	4	4	5	6	6	6	6	6

Figura 19: Pontuação final do Grupo B

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo B foram inseridos na tabela B as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 2 pontos. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 5 pontos.

Obtendo-se os resultados dos dois grupos as pontuações finais serão registradas na tabela C, sendo o resultado final de 7 pontos (zona vermelha). Como este resultado se encontra na zona vermelha, deve ser feito uma mudança imediata no flow rack.

TABELA C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 20: Classificação dos riscos ergonômicos

Fonte: Ferramenta RULA

- 4º nível do mobiliário (450 mm.)

Tabela 9: Pontuação Grupo A.

Membros do grupo A	Pontuação obtida
Braço	2
Antebraço	3
Punhos	4
Desvio de Punhos	1

Fonte: Ferramenta RULA



TABELA A

		Punho - flex / ext							
Braço	Ante Braço	1		2		3		4	
		Desv		Desv		Desv		Desv	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	4	4	4	5

Figura 21: Pontuação final do Grupo A.

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo A foram inseridos na tabela A as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 4 pontos. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 7 pontos.

Tabela 10: Pontuação Grupo B.

Membros do Grupo B	Pontuação Obtida
Pescoço	3
Tronco	3
Perna e pés	1

Fonte: Ferramenta RULA

TABELA B

TRONCO

		1		2		3		4		5		6	
Pesc		perna		perna		perna		perna		perna		perna	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4
2	1	2	2	2	3	4	4	5	5	5	5	5	5
3	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6
4	2	3	2	3	3	4	4	5	6	6	6	6	6
5	3	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6

Figura 22: Pontuação final do Grupo B.

Fonte: Ferramenta RULA

Após a análise dos membros do grupo B foram inseridos na tabela B as pontuações obtidas, e a pontuação final foi de 3 pontos. Considerou-se a pior situação relacionada a força e carga, que seria de 12 kg cada caixa. Segundo o método RULA, deverão ser adicionados mais 3 pontos as cargas acima de 10 kg, totalizando 6 pontos.

Obtendo-se os resultados dos dois grupos as pontuações finais serão registradas na tabela C, sendo o resultado final de 7 pontos (zona preta). Como este resultado se encontra na zona preta, deve ser feito uma mudança imediata no flow rack.



TABELA C

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	4	5	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Figura 23: Classificação dos riscos ergonômicos

Fonte: Ferramenta RULA

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se, que o objetivo final foi alcançado demonstrando que o investimento das empresas na ergonomia proporciona inúmeros benefícios para as mesmas. A ferramenta RULA demonstrou de forma clara os desvios ergonômicos que podem ser identificados em um flow rack, comprovando que os mesmos podem existir e que devem ser corrigidos rapidamente para que as empresas impossibilitem problemas futuros. Tomando isto como embasamento, foi construído no CATIA um flow rack que poderá atender de modo ergonômico os colaboradores. E com a realidade aumentada possibilitando a interação e melhor entendimento deste flow rack para o público.

6. REFERÊNCIAS

CENIT, “CATIA - The allround fenius for product development”. Disponível em: <http://www.cenit.com/en_EN/plm/3ds-plm/software/catia.html>. Acesso em: 31/05/2018.

INDIACADWORKS, “Catia: A CAD Software Review” de 15 de Maio de 2013. Disponível em: <http://www.indiacadworks.com/blog/catia-a-cad-software-review/>. Acesso em: 31/05/2018.

MCATAMNEY, L.; CORLETT, E.N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. UK. Applied Ergonomics, v.24, n. 2, p. 91-99, 1993.

CAMPUSESINE, “RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT)”. Disponível em: <<http://www.alunos.campusesine.net/rec%20humano/fichas/RULA.PDF>>. Acesso em: 28/05/2018.

TORI, R.; KIRNER, C. & SISCOOTTO, R. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Belém: SBC, 2006.

KINER, C. & SISCOOTTO, R. Realidade Virtual e Aumentada; Conceitos, Projeto e Aplicações. Petrópolis: SBC, 2007.

BISPO, P. “10 razões para investir em ergonomia”. Disponível em: <<http://www.rh.com.br/Portal/Mudanca/Dicas/8758/10-razoes-para-investir-na-ergonomia.html>> Acesso em: 28/05/2018.