

NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO DE ERGONOMIA***NEW TECHNOLOGIES IN ERGONOMICS EDUCATION*****Arabella Natal Galvão da Silva¹, D. Sc.**arabellagalvao@ufpr.br e <https://orcid.org/0000-0001-5222-2615>**Isabella de Souza Sierra¹, D. Sc.**isabella.sierra@ufpr.br e <https://orcid.org/0000-0001-9748-5582>¹ Departamento de Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

antropometria, ensino superior, escâner 3D

Na educação superior, as disciplinas estão cada vez mais utilizando ferramentas tecnológicas para otimizar atividades que antes eram feitas manualmente. No ensino de ergonomia, atividades relacionadas à coleta de dados, antropometria, análise ergonômica e projetos ergonômicos, também podem se beneficiar da evolução tecnológica. Nesse contexto, este artigo procura avaliar os recursos tecnológicos disponíveis e testar a aplicação mais viável no ensino de ergonomia em um curso multidisciplinar relacionado a projetos, especificamente no de Expressão Gráfica da Universidade Federal do Paraná. Para atingir este objetivo foi utilizado o método da Intervenção Pedagógica, que investiga mudanças ou inovações no planejamento e implementação do ensino, precedida de uma revisão bibliográfica. As tecnologias identificadas na literatura foram avaliadas e o escaneamento 3D se mostrou a tecnologia mais viável para aplicação. A intervenção proposta mostrou que os estudantes ficaram interessados e satisfeitos com a atividade realizada utilizando recursos tecnológicos, além de este proporcionar maior controle e precisão nas medições.

anthropometry, higher education, 3D scanner

In higher education, disciplines are increasingly employing technological tools to optimize activities that were previously carried out manually. In the field of ergonomics education, tasks involving data collection, anthropometry, ergonomic analysis, and ergonomic design can also reap the benefits of technological advancements. In this context, this article seeks to evaluate the available technological resources and test the most suitable application for ergonomics education in a multidisciplinary course focused on design, specifically within the Graphic Expression program at the Federal University of Paraná. To achieve this goal, the Pedagogical Intervention method was employed, which investigates changes or innovations in teaching planning and implementation, following a literature review. The technologies identified in the literature were assessed, with 3D scanning emerging as the most feasible technology for implementation. The proposed intervention demonstrated that students became engaged and content with the activity conducted using technological resources, further enhancing precision and control in measurements.

Recebido em: 29 / 08 / 2023

Aceito em: 30 / 11 / 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.22570/ergodesignhci.v11i2.2017>

1. Introdução

A ergonomia é uma área interdisciplinar dedicada à adaptação do trabalho às necessidades humanas. Para isso, utiliza o conhecimento das características físicas e psicológicas do indivíduo para desenvolver e ajustar projetos (IIDA; BUARQUE, 2021). Dentre as principais áreas de ensino da ergonomia estão atividades relacionadas à coleta de dados, antropometria, análise ergonômica e projetos ergonômicos. Por esse motivo, a maioria das graduações que envolvem o desenvolvimento de produtos inclui a disciplina de Ergonomia ou Fatores Humanos em suas grades curriculares.

Tradicionalmente essas atividades são realizadas manualmente, como no caso da antropometria por meio de medições utilizando fitas métricas e outros equipamentos (PANERO; ZELNIK, 2002). O ensino dessas atividades pode ser feito de maneira teórica ou prática, por meio de exercícios em que essas são realizadas.

O curso de Expressão Gráfica da Universidade Federal do Paraná possui uma identidade particular, pois objetiva capacitar seus profissionais no desenvolvimento de projetos físicos e digitais, observando as inovações tecnológicas e interdisciplinaridade das diversas áreas associadas com projeto como design, arquitetura, engenharia, dentre outras (CEGRAF, 2018). Portanto, se coloca em uma situação interessante para a evolução das técnicas de ensino dessas disciplinas associadas com projeto. No caso deste artigo, especificamente na área de ergonomia.

Assim como ocorre a evolução tecnológica, as disciplinas se utilizam cada vez mais de novas ferramentas para a realização e otimização de atividades. Essa evolução acontece a partir do surgimento da computação gráfica, internet, dispositivos móveis, técnicas de modelagem e animação, sensores, escâneres tridimensionais, *headsets* de realidade aumentada e virtual, entre outros. As vantagens do uso de recursos tecnológicos no ensino estão relacionadas à amplificação, exteriorização e modificação de funções cognitivas humanas, como memória, imaginação, percepção e raciocínio (LEVY, 1999). Além disso, recursos tecnológicos permitem a coleta mais rápida de dados e sua aplicação diretamente no projeto de produtos. (KADIR; BROBERG; DA CONCEICAO, 2019; HEYMSFIELD et al., 2018).

Desta forma, o objetivo deste artigo é avaliar os recursos tecnológicos disponíveis e testar a aplicação mais viável no ensino de ergonomia em um curso multidisciplinar relacionado a projetos, o de bacharelado em Expressão Gráfica. Para atingir este objetivo será utilizado o método de pesquisa da Intervenção pedagógica, precedida de uma pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias disponíveis. Intervenção Pedagógica é definida como a investigação que envolve o planejamento e a implementação de interferências na maneira de lecionar um conteúdo, caracterizadas por mudanças ou inovações. Tais interferências são destinadas a produzir avanços e/ou melhorias nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam e a investigação culmina com a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências (DAMIANI et al, 2013). O artigo organiza-se a partir da pesquisa bibliográfica, que se constitui no referencial teórico deste documento. Em seguida, procedeu-se a análise dos documentos e avaliação das tecnologias identificadas. A partir da avaliação, descreve-se o método da Intervenção Pedagógica e a aplicação da tecnologia selecionada na disciplina de ergonomia, finalizando com as considerações finais.

2. Novas tecnologias no ensino de Ergonomia

A popularização de tecnologias da Indústria 4.0 como impressoras 3D, escaneamento 3D e realidade aumentada (RA) e virtual (RV), bem como ferramentas de programação, modelagem e sensores tem possibilitado sua inserção em múltiplos contextos antes inacessíveis (HALEEM et al., 2022). A aplicação dessas ferramentas na área de ergonomia tem redefinido a maneira como projetamos, avaliamos e melhoramos os ambientes de trabalho (VIRMANI e SALVE, 2021; LEE, 2000). Ainda, pela popularização



dessas ferramentas elas se tornam acessíveis também para serem inseridas em contextos educativos de modo a familiarizar discentes e torná-los capacitados a aplicar estes conhecimentos na vida profissional (KADIR; BROBERG; DA CONCEICAO, 2019; WAGNER; SCHMALSTIEG; BILLINGHURST, 2006).

Deste modo, construiu-se o Quadro 1, onde se explora a variedade de tecnologias da Indústria 4.0 e suas possibilidades de aplicação no campo da Ergonomia. Cada linha indica uma tecnologia específica que pode ser estrategicamente empregada para abordar questões ergonômicas.

Novas tecnologias	Aplicações em Ergonomia	Autores de referência
Internet das Coisas	Incorporação de ferramentas e equipamentos para monitorar posturas e movimentos, fornecendo feedback em tempo real.	(BANCES et al., 2020); (PLANTAK VUKOVAC et al., 2019)
Inteligência Artificial e Big Data	Análise de dados para identificar padrões e sugerir ajustes personalizados.	(DRURY, 2015; 2018); (DONG; WANG, 2022)
Realidade Virtual e Aumentada	Simulação de cenários de trabalho.	(WAGNER; SCHMALSTIEG; BILLINGHURST, 2006)
Fabricação Aditiva	Criação de dispositivos personalizados, como suportes ergonômicos, adaptados às necessidades individuais dos trabalhadores/usuários.	(KERMAVNAR; SHANNON; O'SULLIVAN, 2021)
Simulação e Modelagem Digital	Simulações digitais para previsão de efeitos ergonômicos de diferentes cenários de trabalho, auxiliando nas decisões de design.	(PASCUAL et al., 2020); (PARAVIZO; BRAATZ, 2019); (STRICKER et al., 2012)
Computação em Nuvem	Compartilhamento de dados entre equipes de design.	(LU; LU; WANG, 2012)
Escaneamento 3D	Captura precisa de características físicas para o design de produtos ergonômicos e a coleta de dados antropométricos.	(HALEEM et al., 2022)

Quadro 1 – Tecnologias da Indústria 4.0 e possíveis aplicações em Ergonomia. Fonte: As autoras (2023).

O quadro também permite a compreensão de que a combinação dessas ferramentas pode gerar resultados ainda mais impactantes. Considerando estas tecnologias indicadas no quadro são elencados exemplos de como elas poderiam ser aplicadas em contextos educativos.

A RV e a RA podem ser utilizadas, por exemplo, no desenvolvimento de simulações que permitem aos alunos interagirem com ambientes de trabalho virtuais para identificar riscos ergonômicos e propor soluções. Com o uso de um aplicativo que utiliza RA pode-se também sobrepor informações ergonômicas em espaços físicos, auxiliando os alunos a reconhecerem problemas e sugerirem melhorias (WAGNER; SCHMALSTIEG; BILLINGHURST, 2006).

Outra aplicação possível é a criação de vídeos interativos que demonstram corretamente as posturas ergonômicas e organização de informações em diversas situações, permitindo que os alunos experimentem ajustes em tempo real. Também podem ser desenvolvidos jogos que desafiam os alunos a resolverem problemas ergonômicos em cenários virtuais, tornando o aprendizado mais envolvente (PASCUAL et al., 2020; PARAVIZO; BRAATZ, 2019; STRICKER et al., 2012).

Sensores de movimento e dispositivos vestíveis também podem ser usados para coletar dados sobre postura e movimentação dos alunos em tempo real, fornecendo feedback imediato e personalizado de como podem realizar atividades de análise ergonômica (BANCES et al., 2020; PLANTAK VUKOVAC et al., 2019). A IA pode ser utilizada para analisar dados antropométricos de postura e de ambiente de trabalho, identificando padrões e oferecendo insights sobre possíveis melhorias ergonômicas (DRURY, 2015), assim como auxiliar a analisar e interpretar grandes quantidades de dados (DRURY, 2018). Ela também pode ser utilizada na criação de cenários para serem avaliados (DONG; WANG, 2022).



A modelagem e impressão 3D podem ser usadas na criação de modelos de produtos e ambientes de trabalho, permitindo que os alunos visualizem e manipulem objetos ergonomicamente projetados (KERMAVNAR; SHANNON; O'SULLIVAN, 2021). Por fim o escaneamento 3D, associado com modelagem e análise de dados, pode ser utilizado para a antropometria (HALEEM et al., 2022).

A avaliação destas tecnologias para definir a abordagem a ser testada por meio da Intervenção Pedagógica deu-se conforme critérios estabelecidos pelas autoras e descritos no Quadro 2. A avaliação de cada tecnologia foi realizada atribuindo-se uma nota de um a três, sendo um quando a tecnologia não atende ao critério, dois quando a tecnologia atende parcialmente ao critério e três quando a tecnologia atende totalmente ao critério.

Novas tecnologias	Disponibilidade no Departamento	Facilidade de manuseio de acordo com o perfil dos estudantes	Tempo curto para a aplicação em sala de aula
Internet das Coisas	1	2	2
Inteligência Artificial e Big Data	2	1	2
Realidade Virtual e Aumentada	3	2	1
Fabricação Aditiva	3	3	2
Simulação e Modelagem Digital	3	3	2
Computação em Nuvem	3	3	3
Escaneamento 3D	3	3	3

Quadro 2 - Avaliação de viabilidade educacional das tecnologias. Fonte: As autoras (2023).

Conforme o Quadro 2, as tecnologias mais viáveis de serem aplicadas ao ensino de ergonomia num curso multidisciplinar relacionado a projetos são a Computação em Nuvem e o Escaneamento 3D. A Fabricação Aditiva bem como a Simulação e Modelagem Digital são as duas tecnologias parcialmente viáveis, que demandam mais tempo para uma aplicação no contexto do ensino de Ergonomia. Assim, não estão totalmente descartadas, podendo ser aplicadas futuramente. As tecnologias de Realidade Aumentada e Realidade Virtual já se tornam inviáveis pelo tempo que exigem, além do conhecimento específico necessário aos estudantes. As demais tecnologias apresentadas no Quadro 2 são inviáveis, de acordo com a avaliação das autoras e para o contexto do curso no qual a Intervenção Pedagógica foi aplicada.

Dentre as tecnologias mais bem avaliadas, o Escaneamento 3D foi selecionado para ser testado na disciplina de Ergonomia do curso de bacharelado em Expressão Gráfica da UFPR. Esta tecnologia foi aplicada como atividade do módulo de Antropometria.

A antropometria indireta, realizada a partir do escaneamento 3D (Figura 1), é chamada de antropometria digital (HEYMSFIELD et al., 2018). O escâner tridimensional é uma tecnologia que permite a obtenção da geometria de uma pessoa transformando-a em um objeto digital com as dimensões exatas e até mesmo as cores da pessoa que foi digitalizada. Essa malha tridimensional, também chamada de modelo humano digital, possui todas as dimensões e morfologias originais, permitindo uma compreensão global do indivíduo (WANG et al., 2021). Ela pode ser empregada para coletar dimensões antropométricas e facilitar o desenvolvimento de projetos. Comparado com a coleta direta, que é geralmente limitada a medidas lineares e perimetrais, a tecnologia permite obter a morfologia completa do participante, proporcionando benefícios significativos (THELWELL et al., 2020; YU; KIM, 2020).





Figura 1 - Realização do escaneamento por estudantes. Fonte: As autoras (2023).

O fluxo de trabalho da digitalização 3D consiste (1) no posicionamento da pessoa em frente ao escâner, (2) seu escaneamento, que gera uma nuvem de pontos, (3) a transformação desta em malha tridimensional, (4) a correção da malha, e (5) a utilização do modelo para a coleta de dados (LOVATO, 2010). Considerando a antropometria digital, além disso, é necessária a preparação dos sujeitos e planejamento da coleta. A ISO 20685-1 (2018), define que é ideal o uso de roupas ajustadas ao corpo, seleção do que será medido e dos pontos anatômicos a partir dos quais será coletada a dimensão, a definição da pose de escaneamento, sendo que a preferência é pelos braços e pernas afastados do corpo de modo a minimizar fusões de geometria e mantimento da postura estática na digitalização.

Em seguida à digitalização é feito o tratamento das malhas para poderem ser analisadas e efetuadas as medidas e avaliações de volume e morfologia. Finalmente, para a realização das medições encontram-se três procedimentos: coleta de medidas lineares e perimetrais entre pontos anatômicos que não consideram a morfologia; medidas lineares entre planos traçados na altura dos pontos anatômicos e medidas perimetrais que consideram a morfologia (SCHWARZ-MÜLLER; MARSHALL; SUMMERSKILL, 2018; LOEFFLER-WIRTH, et al., 2017). Após a coleta dessas dimensões e geometrias, estas podem ser utilizadas no processo de desenvolvimento de produtos.

3. Descrição do método

Para atingir o objetivo deste trabalho, qual seja avaliar os recursos tecnológicos disponíveis e testar a aplicação mais viável no ensino de ergonomia em um curso multidisciplinar relacionado a projetos, será utilizado o método de pesquisa da Intervenção pedagógica, que foi precedido de uma revisão bibliográfica.

A Intervenção Pedagógica caracteriza-se por investigar a implementação de mudanças ou inovações destinadas a produzir melhorias na aprendizagem dos sujeitos que dela participam, bem como avaliar o resultado dessas interferências. A investigação de professores acerca de suas práticas, tem potencial para produzir conhecimento e gerar transformação social (DAMIANI et al., 2013). Desta forma, este artigo traz o relato da Intervenção Pedagógica conduzida na disciplina de Ergonomia, com vistas a compartilhar os aspectos positivos da intervenção, bem como analisar criticamente os aspectos negativos para melhorar a condução da disciplina na próxima oferta e possibilitar que outros apliquem a intervenção proposta.



Damiani et al. (2013) defendem que o componente interventivo deve ser apresentado em detalhes, considerando seu planejamento e a fundamentação teórica que o subsidia. Neste artigo, a intervenção constitui-se no uso de recursos tecnológicos para a realização do levantamento antropométrico necessário para a realização de uma atividade didática. Esse trabalho era realizado anteriormente utilizando-se de trenas e réguas. A atividade analisada, nos dois casos, consiste em um trabalho onde os alunos devem realizar a coleta e análise de dados antropométricos para posterior análise de um produto.

Damiani et al. (2013) destacam a importância de separar a descrição da intervenção e a avaliação, que é a pesquisa efetiva. No presente estudo, a avaliação da intervenção é conduzida pela percepção da professora em relação aos resultados da atividade, além da análise de conteúdo dos documentos referentes à disciplina, realizada antes e depois da intervenção.

Na intervenção foram utilizados um escâner tridimensional Kinect 360 (MICROSOFT, 2023), conectado a um computador com o software de escaneamento Skanect na versão pro (STRUCTURE, 2023). Os softwares de modelagem utilizados foram o Meshmixer (AUTODESK, 2023) para a limpeza das malhas e o Blender (2023) para a realização das medições.

4. Novas tecnologias no ensino de Antropometria

Esta seção apresenta a descrição da intervenção, ou seja, como era realizada a atividade antes e como foi realizada na última oferta da disciplina. Não será feita uma descrição ampla da disciplina de Ergonomia, pois não é objetivo deste artigo analisá-la na totalidade. Assim, a descrição ficará restrita à atividade sobre antropometria.

Para contextualizar a atividade, destaca-se que seu objetivo é aplicar o conteúdo teórico sobre antropometria em uma atividade prática, que auxilie na fixação do conteúdo e, simultaneamente, se constitua numa das avaliações da disciplina. A atividade consiste na identificação e levantamento das medidas antropométricas necessárias para a análise de um produto previamente determinado e sorteado entre equipes de estudantes.

O conteúdo ministrado sobre antropometria baseia-se em IIDA (2005). As fontes de dados usadas nesta descrição são os *briefings* dos trabalhos realizados em 2019 e em 2022. Em 2019, última oferta presencial da disciplina antes da pandemia de COVID-19, é considerada como antes da intervenção, e em 2022, a oferta mais recente da disciplina, como sendo após a intervenção.

Quanto à organização dos estudantes para a realização da atividade, houve pouca variação entre as duas ofertas em análise, conforme o Quadro 3.

Ano da oferta	Quantidade de estudantes na turma	Quantidade por equipe	Total de equipes formadas	Forma de entrega	Tempo total entre a proposta e a apresentação	Aulas para a realização
2019	26	3 a 4 estudantes	6	Apresentação de slides	25 dias	4
2022	33	4 a 5 estudantes	7	Apresentação de slides	23 dias	8

Quadro 3 - Organização da atividade em 2019 e 2022. Fonte: As autoras (2023).

A quantidade de estudantes em cada turma teve pouco impacto na organização da atividade. Por outro lado, a alteração na forma de obter os dados antropométricos impactou significativamente no número de aulas



dedicadas à atividade, incluindo exposição da proposta, organização das equipes, desenvolvimento e apresentação dos resultados.

Ambos os *briefings*, 2019 e 2022, detalham quais produtos seriam sorteados para a realização da atividade. O Quadro 4 apresenta a lista de produtos de cada ano, conforme foram apresentados.

2019	2022
<ol style="list-style-type: none">1. Equipamento escolar.2. Equipamento esportivo.3. Equipamento para limpeza doméstica.4. Equipamento industrial.5. Equipamento para uso infantil.	<ol style="list-style-type: none">1. Mesa de passar roupa.2. Gabinete para pia de banheiro.3. Fogão de piso.4. Tanque de lavar roupa.5. Bancada de trabalho em pé para linha de produção.6. Catraca.

Quadro 4 - Produtos para sorteio em 2019 e 2022. Fonte: As autoras (2023).

No ano de 2019, com a turma maior, alguns produtos foram sorteados para duas equipes. Contudo, o fato de não haver uma determinação tão objetiva sobre qual produto deveria ser utilizado, permitiu que houvesse variações de produtos entre todas as equipes. Além disso, os produtos descritos de maneira mais aberta possibilitaram que houvesse variações nas medidas antropométricas necessárias para cada produto.

Por outro lado, no ano de 2022, os produtos foram claramente determinados para restringir o número de medições necessárias, haja visto que deveriam ocorrer em sala de aula. A necessidade de realizar as medições durante as aulas e, por consequência, haver um tempo limitado para isso, determinou a escolha de produtos que permitissem a definição de um protocolo de coleta único para todas as equipes. Assim, na descrição do trabalho para a turma de 2022 foi declarada a principal medida a ser levantada: a altura do piso até o osso do quadril.

A solicitação de um protocolo de coleta dos dados antropométricos manteve-se idêntica nos *briefings* de 2019 e 2022. Porém houve diferenças no resultado apresentado nos dois anos, em razão do que foi exposto quanto à definição dos produtos para sorteio e do próprio uso da tecnologia. Em 2019, o protocolo de coleta foi definido e aplicado totalmente pelos estudantes sem a presença da professora. As medições foram bastante variadas e registradas por cada equipe, conforme a Figura 2, que exemplifica a medição como era realizada nas turmas entre 2016 e 2019.



Figura 2 - Registro de medição sendo realizada antes da intervenção. Fonte: As autoras (2017).



Em 2022, o protocolo foi definido no treinamento de como utilizar o escâner para realizar a coleta e de como utilizar o software de modelagem para realizar a medição. Esse protocolo foi seguido por todos os estudantes. Cada equipe deveria realizar as suas próprias medições, que foram disponibilizados para todos igualmente. A Figura 3 apresenta três dos modelos gerados. Observa-se a mesma postura dos estudantes nos modelos, marcando o osso do quadril com o dedo indicador, o que era parte do protocolo de coleta definido.



Figura 3 - Modelos gerados pelo escâner. Fonte: As autoras (2022).

A seguir, o *briefing* do trabalho solicita a construção de uma tabela antropométrica com as medições realizadas, a média, o desvio padrão e os percentis. Este item manteve-se semelhante em ambas as turmas, com a diferença no número de usuários que participaram de cada levantamento. Em 2019 foi solicitado que medissem 10 usuários. Em 2022 o levantamento foi realizado com toda a turma, ou seja, 26 usuários.

Quanto à conclusão da atividade, observa-se expressiva diferença antes e depois da intervenção, em razão das restrições na definição do produto, sendo que em 2019 os estudantes puderam apontar várias melhorias necessárias aos produtos. Em 2022, no entanto, a conclusão de cada equipe ficou limitada à indicação de qual dos modelos do produto sorteado seria mais adequado à turma, considerando as medidas antropométricas levantadas.

5. Avaliação da intervenção pedagógica

Um dos aspectos positivos mais evidentes desta intervenção é proporcionar ao estudante o uso de recursos tecnológicos. Especialmente no curso de Expressão Gráfica, que utiliza tecnologias diversas em toda a sua estrutura curricular, o uso do escâner e do software de modelagem é mais coerente com o projeto pedagógico do que o uso de instrumentos manuais para realizar o levantamento antropométrico. Foi perceptível o maior interesse e satisfação dos estudantes em realizar as medições após a intervenção. Além disso, o software de modelagem que já era conhecido da maioria dos estudantes, permitiu destacar a flexibilidade da tecnologia e a importância do seu conhecimento.

Outro aspecto positivo foi o foco na realização do trabalho, proporcionado pelas restrições descritas. Considerando que a disciplina é ofertada no segundo ano do curso, a maturidade dos estudantes para o desenvolvimento de projetos ainda não foi totalmente desenvolvida e a maior objetividade da atividade



facilita o processo. Em outras palavras, após a intervenção os estudantes estavam mais seguros em relação ao que deveria ser feito na atividade. Além disso, houve maior controle e precisão do resultado da medição, consequência do uso da tecnologia e da realização da atividade com maior acompanhamento da professora.

As mesmas restrições que produziram vantagens também geraram como efeito negativo a limitação em relação ao protocolo de coleta e aos produtos para sorteio. Antes da intervenção, com menos restrições, havia maior diversidade de resultados. Após a intervenção, os resultados ficaram bastante semelhantes, mesmo com cada equipe utilizando produtos diferentes.

Finalmente, outra desvantagem gerada pela restrição de tempo é a limitação do público-alvo aos próprios estudantes. Com isso exclui-se a possibilidade de interação com outros públicos, como ocorria antes. A interação com outros públicos apresenta a vantagem de desenvolver a empatia em relação a dificuldades dos usuários. Essa empatia é bastante estimulada na disciplina de Ergonomia, porém após a intervenção tem-se menos uma oportunidade de estímulo.

6. Considerações finais

A evolução tecnológica impacta em diversas áreas da vida humana e não poderia deixar de impactar também a educação. O ensino de Ergonomia pode se beneficiar do desenvolvimento tecnológico de várias maneiras. Por esta razão, o objetivo deste artigo foi avaliar os recursos tecnológicos disponíveis e testar a aplicação mais viável no ensino de ergonomia em um curso multidisciplinar relacionado a projetos, o de bacharelado em Expressão Gráfica. Para atingir este objetivo foi utilizado o método da Intervenção Pedagógica, precedido de uma pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias disponíveis e avaliação de viabilidade de aplicação destas tecnologias no contexto educacional.

O resultado da avaliação de viabilidade das tecnologias mostrou que o Escaneamento 3D era a tecnologia mais viável de ser aplicada ao ensino de Ergonomia, dentro do módulo de Antropometria. A partir desta definição, procedeu-se a Intervenção Pedagógica como método para testar esta aplicação.

A Intervenção Pedagógica evidenciou as principais mudanças realizadas na atividade desenvolvida em 2022, comparando com a mesma atividade desenvolvida em 2019. Antes da intervenção o levantamento antropométrico era realizado pelos estudantes fora do horário das aulas, utilizando instrumentos manuais. Os produtos para sorteio eram determinados com a intenção de haver variedade de público-alvo. Após a intervenção, o levantamento passou a ser realizado durante o horário das aulas, utilizando um escâner tridimensional para a coleta de dados e um software de modelagem para a medição dos modelos gerados. Os produtos para sorteio passaram a ser determinados com a intenção de que os próprios estudantes fossem público-alvo e a realização das medições fosse otimizada em relação ao tempo disponível.

A avaliação da intervenção descreve aspectos positivos como proporcionar ao estudante o uso de recursos tecnológicos, interesse e satisfação dos estudantes em realizar as medições, maior segurança em relação ao que deveria ser feito na atividade e maior controle e precisão do resultado da medição. Os aspectos negativos elencados foram a limitação em relação ao protocolo de coleta, a limitação do público-alvo e a diminuição da possibilidade de interação com outros públicos.

Sugere-se para estudos futuros a inserção de outras tecnologias no ensino de Ergonomia, como a Impressão 3D, que se mostrou parcialmente viável para o contexto do curso onde esta intervenção foi aplicada. Além disso, a replicação desta mesma intervenção em outros cursos, com contextos distintos, seria de grande contribuição.

7. Referências Bibliográficas



AUTODESK. **Meshmixer**. Disponível em: <https://meshmixer.com/download.html>. Acesso em: 11 mar. 2023.

BANCES, Enrique et al. Exoskeletons towards industrie 4.0: benefits and challenges of the IoT communication architecture. **Procedia manufacturing**, v. 42, p. 49-56, 2020.

BLENDER. **Blender**. Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

CEGRAF. **Projeto pedagógico do curso de Expressão Gráfica**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

DAMIANI, Magda Floriana et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de Educação: FaE/PPGE/UFPel, Pelotas**, v. 1, n. 45, p. 57-67, maio 2013. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/5816>. Acesso em: 01 jun. 2022.

DONG, Longjun; WANG, Jiachuang. Intelligent Safety Ergonomics: A Cleaner Research Direction for Ergonomics in the Era of Big Data. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 1, p. 423, 2022.

DRURY, Colin G. Human factors/ergonomics implications of big data analytics: Chartered Institute of Ergonomics and Human Factors annual lecture. **Ergonomics**, v. 58, n. 5, p. 659-673, 2015.

DRURY, C. G. Big data analytics: Why should HF/E care?. In: **Contemporary Ergonomics and Human Factors 2015**. Taylor & Francis, 2018. p. 27-36.

HALEEM, Abid et al. Exploring the potential of 3D scanning in Industry 4.0: An overview. **International Journal of Cognitive Computing in Engineering**, 2022.

HEYMFIELD, Steven B.; BOURGEOIS, Brianna; NG, Bennet K.; SOMMER, Markus J.; LI, Xin; SHEPHERD, John. A. Digital anthropometry: a critical review. **European journal of clinical nutrition**, Reino Unido, v. 72, n. 5, p. 680-687, 2018.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2ed. São Paulo: Blucher, 2005.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Blucher, 2021.

ISO [Organização Internacional de Normalização]. **ISO 20685-1**: Ergonomics - 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans. Geneva, 2018.

KADIR, Bzhwen A.; BROBERG, Ole; DA CONCEICAO, Carolina Souza. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering**, v. 137, p. 106004, 2019.

KERMAVNAR, Tjaša; SHANNON, Alice; O'SULLIVAN, Leonard W. The application of additive manufacturing/3D printing in ergonomic aspects of product design: A systematic review. **Applied Ergonomics**, v. 97, p. 103528, 2021.

LEE, Myun W. New paradigm, new market and new theatre in ergonomics. **Ergonomics**, v. 43, n. 7, p. 975-982, 2000.



LEVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOEFFLER-WIRTH, Henry; VOGEL, Mandy; KIRSTEN, Toralf; GLOCK, Fabian; POULAIN, Tanja; RNER, Antje K.; LOEFFLER, Markus; KIESS, Wieland; BINDER, Hans. Body typing of children and adolescents using 3D-body scanning. **PloS one**, São Francisco, v. 12, n. 10, p. e0186881, 2017.

LOVATO, C. 3D Digital Anthropometry Using the BodySCAN. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON 3D BODY SCANNING TECHNOLOGIES, 1., 2010, Lugano. **Anais eletrônicos...** Lugano: 3D body.tech, 2010. p. 259-263.

MICROSOFT. **Kinect for Windows SDK v1.8**. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278>. Acesso em: 11 mar. 2023.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Dimensionamento humano para espaços interiores**: Um livro de consulta e referência para projetos. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

PARAVIZO, Esdras; BRAATZ, Daniel. Virtual Simulations for Incorporating Ergonomics into Design Projects: Opportunities and Limitations of Different Media and Approaches. In: **Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018) Volume IV: Organizational Design and Management (ODAM), Professional Affairs, Forensic 20**. Springer International Publishing, 2019. p. 381-390.

PASCUAL, A. Iriondo et al. Optimizing Ergonomics and Productivity by Connecting Digital Human Modeling and Production Flow Simulation Software. **Advances in Transdisciplinary Engineering**, v. 13, p. 193-204, 2020.

PLANTAK VUKOVAC, Dijana et al. User experience design and architecture of IoT ecosystem employed in students' activities tracking. In: **Advances in Ergonomics in Design: Proceedings of the AHFE 2018 International Conference on Ergonomics in Design, July 21-25, 2018, Loews Sapphire Falls Resort at Universal Studios, Orlando, Florida, USA 9**. Springer International Publishing, 2019. p. 440-452.

SCHWARZ-MÜLLER, Frank; MARSHALL, Russel; SUMMERSKILL, Steve. Development of a positioning aid to reduce postural variability and errors in 3D whole body scan measurements. **Applied Ergonomics**, Amsterdã, v. 68, n. 2017, p. 90-100, 2018.

STRICKER, E. et al. Standardized research on ergonomics, usability and workflow analysis using high fidelity simulation labs. **Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik**, v. 57, n. SI-1-Track-J, p. 942-945, 2012.

STRUCTURE. Get **Skanect Pro**. Disponível em: <https://skanect.structure.io/download/>. Acesso em: 11 mar. 2023.

THELWELL, Michael; CHIU, Chuang-Yuan; BULLAS, Alice; HART, John; WHEAT, Jon; CHOPPIN, Simon. How shape-based anthropometry can complement traditional anthropometric techniques: a cross-sectional study. **Scientific Reports, Berlim**, v. 10, n. 1, p. 1-11, 2020.



VIRMANI, Naveen; SALVE, Urmi Ravindra. Significance of human factors and ergonomics (HFE): mediating its role between industry 4.0 implementation and operational excellence. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2021.

WAGNER, Daniel; SCHMALSTIEG, Dieter; BILLINGHURST, Mark. Handheld AR for collaborative edutainment. In: Advances in Artificial Reality and Tele-Existence: **16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence**, ICAT 2006, Hangzhou, China, November 29-December 1, 2006. Proceedings. Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 85-96.

WANG, Ruizhe; CHOI, Jongmoo; MEDIONI, Gerard. Accurate full body scanning from a single fixed 3D camera. In: 3D IMAGING, MODELING, PROCESSING, VISUALIZATION AND TRANSMISSION, 3., 2012, Zurich. **Anais eletrônicos...** Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2012. p. 432-439.

YU, Minji; KIM, Dong-Eun. Body shape classification of Korean middle-aged women using 3D anthropometry. **Fashion and Textiles**, Amsterdã, v. 7, n. 35, p. 1-26, 2020.

Agradecimentos

Ao Departamento de Expressão Gráfica e ao LABMETA - Laboratório de Metaverso, por possibilitar o acesso aos equipamentos necessários à atividade.

