



Aplicabilidade do sistema de captura de movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) para fins ergonômicos: um estudo multicaseos

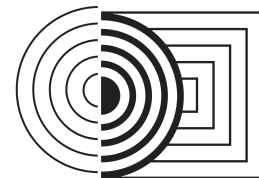
*Applicability of the motion capture system by inertial sensors (*Xsens*) for ergonomic purposes: a multi-case study*

Irander Izaquiel Paulo; Universidade Federal de Santa Catarina; UFSC
Eugenio Andrés Díaz Merino; Universidade Federal de Santa Catarina; UFSC

Resumo

A ergonomia utiliza tecnologias, métodos e técnicas como auxílio na coleta e análise dos movimentos humanos. No entanto, pode ser compreendido como um dos principais problemas, a precisão de sensores não invasivos e espaço de trabalho não limitado. Em meio a isso, destaca-se o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) capaz de realizar o rastreamento dos movimentos humanos em contexto real, sem precisar de uma infraestrutura. A partir disso, esta pesquisa tem como objetivo apresentar a aplicabilidade do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) para fins ergonômicos, por meio de um estudo multicaseos. Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, sob uma abordagem qualitativa, de objetivos exploratórios e descritivos. Quanto aos procedimentos técnicos, essa pesquisa foi configurada em duas fases, sendo estas: FASE 1 – Fundamentação teórica e FASE 2 – Estudo multicaseos. Como resultado, verificou-se uma grande aplicabilidade do *Xsens*, auxiliando em projetos de diversos setores como, na agricultura, setor automotivo, setor de serviços, setor da saúde, da Tecnologia Assistiva, dentre outros, sejam estes projetos de concepção de produtos e/ou avaliação, análises, avaliações e recomendações ergonômicas. Por fim, foram identificadas também outras oportunidades de aplicações do *Xsens* em outros setores, a citar: aplicação na reabilitação de lesões esportivas por meio da realização de análises e avaliações considerando os dados biomecânicos precisos, que podem contribuir para o acompanhamento e melhorias da reabilitação de atletas lesionados, auxiliando também na determinação do tempo de recuperação; auxílio no aprimoramento protético, por meio do desenvolvimento e análise de próteses, verificando se uma determinada prótese é adequada e atende às necessidades específicas do corpo do usuário; otimização do processo produtivo e redução da carga de trabalho, possibilitando o monitoramento do fluxo de trabalho, captura relacionada a como os trabalhadores se movimentam e interagem com as máquinas e as estações de trabalho e a medição do tempo gasto para a realização de cada tarefa.; identificação de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) dos Cirurgiões Dentistas, contribuindo com a identificação de problemas físicos, ergonômicos e organizacionais neste setor, bem como na definição de medidas preventivas e/ou corretivas associadas ao ambiente e suas atividades de trabalho.

Palavras-chave: Ergonomia; Captura de movimentos por sensores inerciais; *Xsens*; Estudo multicaseos.



Abstract

Ergonomics uses technologies, methods and techniques to aid in the collection and analysis of human movements. However, it can be understood as one of the main problems, the accuracy of non-invasive sensors and not limited working space. Amidst this, the Motion Capture System by inertial sensors (Xsens) stands out, capable of tracking human movements in a real context, without the need for an infrastructure. From this, this research aims to present the applicability of the Motion Capture System by inertial sensors (Xsens) for ergonomic purposes, through a multicase study. This is a basic research, under a qualitative approach, with exploratory and descriptive objectives. As for the technical procedures, this research was configured in two phases, namely: PHASE 1 – Theoretical foundation and PHASE 2 – Multi-case study. As a result, there was a great applicability of Xsens, assisting in projects in various sectors such as agriculture, the automotive sector, service sector, health sector, Assistive Technology, among others, whether these are product design projects and/ or ergonomic assessment, analyses, assessments and recommendations. Finally, other opportunities for Xsens applications in other sectors were also identified, to mention: application in the rehabilitation of sports injuries by performing analyzes and evaluations considering the precise biomechanical data, which can contribute to the monitoring and improvements of the rehabilitation of injured athletes, also helping to determine recovery time; assistance in prosthetic improvement, through the development and analysis of prostheses, verifying whether a given prosthesis is adequate and meets the specific needs of the user's body; optimization of the production process and reduction of workload, enabling the monitoring of the work flow, capture related to how workers move and interact with machines and workstations, and the measurement of the time taken to perform each task. ; identification of Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSD) of Dental Surgeons, contributing to the identification of physical, ergonomic and organizational problems in this sector, as well as in the definition of preventive and/or corrective measures associated with the environment and their work activities.

Keywords: Ergonomics; Motion capture by inertial sensors; Xsens; Multicase study.



1. Introdução

A Ergonomia é considerada fundamental para a melhoria do ambiente ocupacional e saúde do ser humano, uma vez que aplica teorias, princípios e métodos que otimizam e possibilitam bem estar, melhoram o desempenho e qualidade do sistema (SHIDA; BENTO, 2012). Ainda os autores, corroboram que os métodos e ferramentas ergonômicas agilizam a análise e identificam o grau de criticidade na qual o ser humano está submetido durante a realização de uma determinada atividade. Face a isso, é possível diagnosticar condições que mais acometem a saúde do ser humano, como exemplo no levantamento de cargas, posturas inadequadas e movimentos repetitivos.

Neste sentido, estudos associados à postura, movimentos do ser humano e ergonomia se fazem cada vez mais presentes no desenvolvimento de projetos relacionados a produtos, serviços e ambientes, a fim de atender as necessidades do usuário e, sobretudo, os aspectos de segurança, usabilidade e conforto (PATRIZI; PENNESTRÍ; VALENTINI, 2016). Entretanto, no que se refere ao registro dos movimentos humanos em específico, pode ser compreendido como um dos maiores desafios obter uma estimativa precisa de sensores não invasivos e com espaço de trabalho não limitado (XSENS, 2021).

Neste sentido, é válido ressaltar a evolução referente ao processo de captura de movimentos humanos, por exemplo a utilização de sensores inerciais, que são capazes de realizar o rastreamento e análise dos movimentos humanos em contexto real, sem precisar de uma infraestrutura (WOUDA et al., 2016).

De acordo com Tonin et al. (2015) o Sistema de Captura de Movimentos auxilia em questões técnicas sobre as características humanas (antropometria e biomecânica) como também, no desenvolvimento de projetos, sendo capaz de representar e prever situações futuras. Wouda et al. (2015) apontam como benefícios da utilização do Sistema de Captura de Movimentos, a minimização de custos durante o desenvolvimento de projeto, a rapidez na obtenção e precisão dos dados.

Considerando seu desempenho e portabilidade, o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais é considerado um dos sistemas mais viáveis (ECKART; MUNZ; WHITE, 2014) e se tornou cada vez mais comum, sua utilização na análise do movimento humano (BRODIE; WALMSLEY; PAGE, 2008). Nesse contexto, a problemática desta pesquisa partiu dos desafios associados à gravação e análise dos movimentos humanos, com precisão e por sensores não invasivos, assim como, espaço de trabalho não limitado (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002).

Face a isso, apresentar a aplicabilidade do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens) para fins ergonômicos por meio de um estudo multicasos, é o objetivo desta pesquisa.



2. Referencial teórico

2.1 Ergonomia e Biomecânica

Nos últimos anos, a Ergonomia tem ganhado projeção de destaque tanto no cenário nacional quanto internacional, isso, devido à sua interdisciplinaridade, que permite seu diálogo com diferentes áreas do conhecimento (DE MOURA; BEMVENUTI; FRANZ, 2020), a exemplo da Fisiologia, Biomecânica e Antropometria, consideradas fundamentais para o seu desenvolvimento (BATALHA; MEJIA, 2016).

Um fator importante é a definição de métodos, técnicas e instrumentos de mensuração dos dados do ser humano, que pode ocorrer de duas maneiras: por meio de relatos dos usuários (dados qualitativos/subjetivos) ou por meio de medidas de desempenho (dados quantitativos/objetivos) (JOHNSON; CLARKSON; HUPPERT, 2010). Contudo, os autores ressaltam que as avaliações objetivas são confiáveis, sensíveis às mudanças e eficazes para mensurar com precisão a capacidade humana a níveis elevados.

No entanto, há uma predominância de alguns problemas no que diz respeito aos métodos tradicionais de coleta de dados (fotografias, vídeos e digitalização) como a imprecisão que pode ocorrer dos dados coletados, devido a esconder os marcos anatômicos e, a exigência por ambientes controlados (laboratórios) para a realização da coleta de dados, o que de tal forma, pode inviabilizar ou comprometer o levantamento preciso dos dados (STEINFELD; LENKER; PAQUET, 2002). Desta forma, as organizações demandam de novos métodos, instrumentos e tecnologias, que permitam sistematizar os processos de produção e gestão, levando em consideração o ser humano dentro e fora da organização (LIMA; FARIAS, 2012). Assim, a evolução dos métodos de mensuração, armazenamento e interpretação de dados tem contribuído para avaliação do ser humano e o seu ambiente de trabalho (SILVA, 2015).

No que se refere à coleta e análise dos movimentos humanos, em específico, durante muito tempo, foram consideradas tarefas difíceis e complexas, porém, com o avanço da tecnologia, essas tarefas têm se tornado cada vez mais fáceis, simples, econômicas e cômodas para seus utilizadores, permitindo a obtenção de dados biomecânicos referentes à posição, rotação e velocidade dos segmentos e articulações do corpo humano (VITAL, 2015).

Face a isso, Merino et al (2018) discorrem que o uso de tecnologias no âmbito da pesquisa é entendido como uma ferramenta auxiliar no levantamento de dados. Nesse contexto, cabe ressaltar a evolução do processo de Captura de Movimentos humanos, uma vez que possui mais recursos, possibilitando maior agilidade e fidelidade ao processo no todo, como exemplo dos



sensores inerciais, responsáveis pela Captura dos Movimentos (MoCap) humanos sem demandar de uma infraestrutura para a realização de coletas em ambientes externos, tornando possível a aplicação dessa tecnologia e mensuração dos dados em qualquer ambiente (WOUDA et al., 2016).

2.2 Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens)

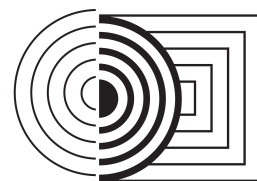
“Trata-se de um sistema autônomo que realiza a medição dos movimentos lineares e angulares normalmente com uma tríade de giroscópio e tríade de acelerômetros, gerando as quantidades necessárias de velocidade angular e aceleração na estrutura do sensor/corpo (XSENS, 2012). Os sensores inerciais MVN *Link Biomech* da Xsens, também são conhecidos como unidades de medida inerciais (*inertial measurement unit*, ou IMU) e podem medir movimentos cinemáticos, como a aceleração por meio dos acelerômetros, velocidade angular por intermédio dos giroscópios e o campo magnético por meio dos magnetômetros (CHEN, 2013). A figura 1 mostra a estrutura do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens).

Figura 1 – Estrutura do Sistema de Captura de Movimentos



Fonte: Paulo (2021) e Xsens (2012).

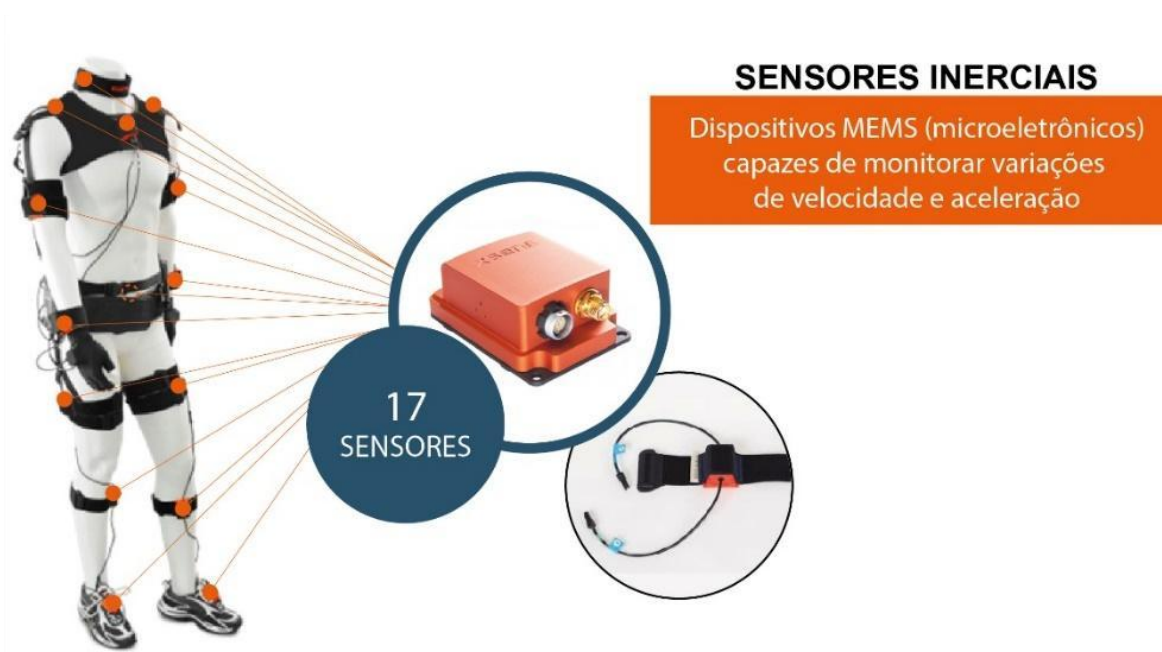
Esses sensores atingem dados precisos, atendendo a dois parâmetros específicos: o ângulo de movimento articular e o deslocamento central, onde os sensores coletam movimentos originais realizados em tempo real. Assim, considerando que o sistema de captura de Movimentos por sensores inerciais da Xsens pode colaborar em projetos de diferentes áreas, inclusive, o design (PAULO, 2021). Sua utilização, possibilita identificar problemas associados às atividades humanas, prevenir problemas de saúde futuros e permitir a prescrição de recomendações corretivas sobre a interação do ser humano e o ambiente de trabalho (FORCELINI; VARNIER; MERINO, 2019).



De acordo com Forcelini, Varnier e Merino (2018), a tecnologia de Captura de Movimentos por sensores inerciais auxilia os pesquisadores por meio da aferição precisa da biomecânica, identificação dos riscos associados ao sujeito, bem como, os dados obtidos contribuem para a prática projetual, desenvolvimento, avaliação de produtos e atividades, assim como na interação usuário produto/ambiente.

Verifica-se que esse sistema permite realizar a análise individual dos movimentos articulares humanos dos eixos de rotação e posição. Assim, como também garante a visualização e registro em tempo real do movimento em 3D do sujeito, refletindo os dados cinemáticos gravados do modelo biomecânico dos 23 segmentos corporais e 22 articulações, incluindo o centro de massa (LONGHI, 2014; XSENS, 2012). O equipamento MVN Link, se utiliza de 17 sensores inerciais para realizar o rastreamento e posicionamento do sujeito (Figura 2).

Figura 2 – Sensores inerciais



Fonte: Paulo (2021) e Xsens (2012).

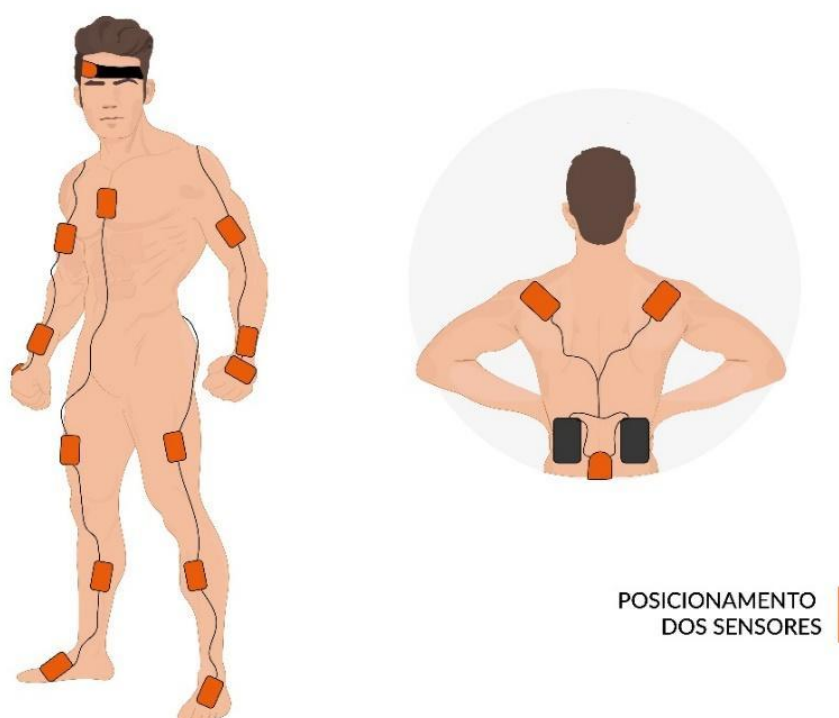
De acordo com o Xsens (2012) e Longhi (2014) o sistema de *MoCap* por sensores inerciais é composto por rastreadores de movimento também denominados de *Motion Tracker* ou simplesmente MTx e MTx-L, estes são compreendidos como unidades de medição inercial em miniatura e são constituídos por acelerômetros, giroscópios e magnetômetros 3D, que para sua



utilização deve ser colocados em locais específicos do corpo por faixas (*Straps*) ou inseridos dentro de uma roupa de lycra especial (*MVN lycra Suit*). Desta forma, os MTx's são utilizados nas regiões da pelve, esterno (peito) e extremidades das mãos, pés e cabeça, enquanto que, os MTx-Ls são utilizados nos membros superiores e inferiores, braços, pernas e ombros, de forma que permitam registrar os movimentos de cada segmento do corpo nas coordenadas X (antero-posterior), Y (vertical) e Z (latero-lateral).

Quanto à comunicação entre as centrais inerciais e o computador, esta acontece por meio das *Xbus Masters* (Baterias) responsáveis pela sincronização de todas as amostragens dos sensores, concede energia aos sensores e trabalha com a comunicação sem fio com o PC ou notebook intermediadas por antenas Wireless (*Wireless Receiver – WR-A*) que permitem o alcance de até 150 metros para ambientes abertos e 50 metros para ambientes fechados (*XSENS*, 2012). O peso total do sistema equivale a 1,9 kg (incluindo 8 pilhas AA). Seus sensores podem ser alocados nos pés, pernas, pelve, ombros, esterno, cabeça, testa, braços e mãos (*Figura 3*) (*XSENS*, 2012; *SPECK et al.*, 2016).

Figura 3 – Posicionamento dos sensores inerciais



Fonte: Paulo (2021) e Xsens (2012).



Carvalho (2011) e Roentenberg (2006) ressaltam que os acelerômetros são utilizados na definição da velocidade e posição do objeto/sujeito capturado considerando um ponto específico relativo, normalmente é tomada a Terra como ponto de referência. Quanto aos giroscópios, estes costumam ser usados na definição do ângulo e orientação dos objetos/sujeitos, uma vez assimilados por um período de tempo, causa mudança de ângulo referente ao ângulo conhecido a princípio. A aplicação dos sensores ajustada a um software (MVN) de simulação oferece vantagens ao desenvolvimento de projetos, considerando sua capacidade de análise constante do movimento permitindo a obtenção de dados precisos dos segmentos e articulações do corpo (XSENS, 2012; SPECK et al., 2016; VARNIER, 2019).

3. Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de natureza básica, sob uma abordagem qualitativa, de objetivos exploratórios e descritivos. Quanto aos procedimentos técnicos, essa pesquisa foi configurada em duas fases, sendo estas: FASE 1 – Fundamentação teórica e FASE 2 – Estudo multicase. Na Fase 1 (Fundamentação teórica), foram realizadas a Pesquisa Bibliográfica, desenvolvida com base em materiais já existentes (GIL, 2008) como livros, artigos científicos, teses e dissertações, e a Revisão Narrativa da Literatura, onde a seleção dos estudos e a análise dos dados aconteceram de forma subjetiva. A Fase 2 (Estudo multicase), teve como finalidade apresentar os cinco casos que se utilizaram do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (Xsens) em seus desenvolvimentos, sendo estes: Caso 1 – Agricultura, Caso 2 – Saúde, Caso 3 – Setor automotivo, Caso 4 – Setor de Serviços e Caso 5 – Tecnologia Assistiva.

4. Resultados e discussões

4.1 Caso 1 – Setor da agricultura

“O Xsens MVN pode ir a lugares que outra tecnologia de captura de movimentos não pode” (XSENS, 2021), como o exemplo da colheita de bananas no **setor da agricultura** (Figura 4), no estudo realizado por Merino et al. (2018), o Xsens foi utilizado para analisar a frequência do movimento, amplitudes das articulações e o tempo necessário para a remoção dos cachos de banana do caule. Seus dados foram analisados por meio do *Software MVN Studio PRO*, em seguida esses dados foram exportados para o *Microsoft Excel 2010*, onde foram realizados os cálculos relacionados às médias e desvios-padrão das amplitudes de movimento articular, bem como, o tempo de realização da tarefa, objetivando identificar os riscos de lesões musculoesqueléticas.



Figura 4 – Utilização do Xsens no setor da agricultura.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Merino et al. (2018)

4.2 Caso 2 – Setor da saúde

No **setor da saúde** por exemplo, as técnicas relacionadas à análise dos movimentos humanos, vêm buscando incessantemente por melhorias relacionadas ao desempenho humano e, a prevenção de lesões (XSENS, 2021). No estudo desenvolvido por Mannrich (2018) o *Xsens* foi utilizado para avaliar a biomecânica do técnico de enfermagem em sua rotina de trabalho dentro das enfermarias e interação com o paciente (Figura 5). A captura envolveu a análise da frequência dos movimentos, as amplitudes articulares e o tempo de atendimento ao paciente durante as duas primeiras horas (as horas mais intensas) de seu turno de 12 horas. Os dados capturados e analisados permitiram a identificação de uma frequência de erros posturais e posturas inadequadas, como o exemplo da média de ângulo de flexão anterior de tronco, considerada uma das posturas mais frequentes realizadas pelos técnicos de enfermagem na qual apresentou o ângulo de 43°, sendo que o ângulo mínimo é 12° e 0° ângulo máximo é 74°, o que dessa forma, representa grande risco para lombalgias (MANNRICH, 2018). Ainda o autor, aponta que esse sistema pode ser utilizado de forma integrada à outras tecnologias, questionários etc., validados pela literatura e comumente utilizados em avaliações ergonômicas.



Figura 5 – Utilização do Xsens no setor da saúde



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Mannrich (2018)

4.3 Caso 3 – Setor de serviços

Com a utilização do *Xsens*, pesquisadores podem desenvolver estudos relacionados às atividades executadas pelos trabalhadores em seus ambientes reais, permitindo assim, o acesso a novos dados, observações e resultados aprimorados. Com o *Software MVN Studio PRO* é possível ultrapassar pontes acadêmicas que até então eram inatingíveis (XSENS, 2021). Um outro exemplo de utilização do *Xsens*, é o estudo que foi desenvolvido por Silva et al. (2020) no **setor de serviços** (Figura 6) de uma empresa de entrega de encomendas, localizada na região sul do Brasil, para tal, foi realizada uma avaliação sobre os riscos de doenças osteomusculares durante a execução das atividades de processamento de encomendas para a entrega. A avaliação aconteceu com três sujeitos, e as análises abrangeram as amplitudes articulares e tempo gasto para a execução das atividades, onde cada registro de captura teve um tempo de 30 segundos de gravação. A análise dos movimentos foi referente a medição da flexão e extensão dos ombros bilaterais, flexão anterior cervical, especificamente no segmento C7-T1 e flexão anterior da região lombar, segmento L5-S1. Desta forma, o *Xsens* possibilitou identificar problemas ergonômicos predominantes no posto de trabalho associados às atividades de levantamento de cargas, leitura de códigos de barra, separação de encomendas e carregamento do carro, permitindo recomendações ergonômicas, como correções de posturas realizadas pelos trabalhadores e aquisição de novos equipamentos.

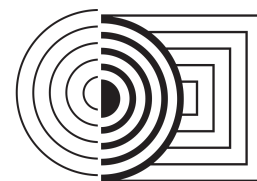


Figura 6 – Utilização do Xsens no setor de serviços



Fonte: Elaborado pelos autores com base em Silva et al. (2020).

4.4 Caso 4 – Setor automotivo

Segundo o *Xsens* (2021), a tecnologia avançada e a versatilidade dos trajes inerciais fornecem uma visão fundamentada em dados, em uma escala cada vez maior relacionada aos seus potenciais de usos. A exemplo, tem-se a aplicação do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais no **setor automotivo** (Figura 7). No estudo desenvolvido por Paulo (2021), foi realizada uma avaliação relacionada ao posicionamento do piloto dentro do carro, para tal, o piloto permaneceu com seus pés sobre o acelerador e freios e suas mãos segurando o volante. Foi realizada também uma análise da estrutura do carro e identificação de riscos associados à postura do piloto. Os ângulos das articulações e segmentos, foram: joelhos, tornozelos, quadris, C7-T1, ombros e antebraços do piloto durante a pilotagem do veículo. Desta forma, o *Xsens* auxiliou no desenvolvimento do novo carro, proporcionando maior precisão e velocidade na obtenção e visualização dos dados, como também, permitiu analisar os movimentos e posicionamento do piloto dentro do carro, contribui para um produto mais ergonômico, confortável e eficaz.



Figura 7 – Utilização do Xsens no setor automotivo

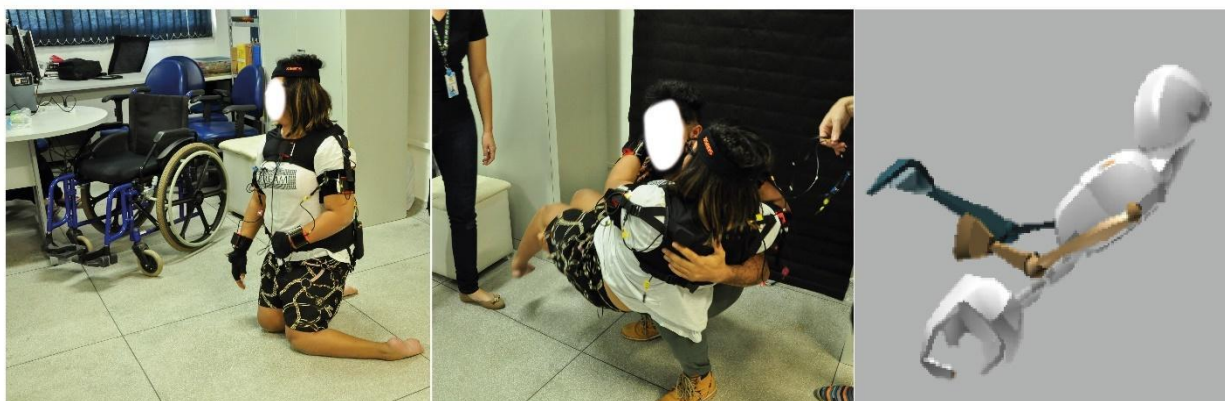


Fonte: Elaborado pelos autores com base em Paulo (2021).

4.5 Caso 5 – Tecnologia Assistiva (TA)

No contexto da **Tecnologia Assistiva** também podem ser encontrados estudos que se utilizam do *Xsens* para auxílio no seu desenvolvimento. Como exemplo, tem-se o estudo desenvolvido por Paulo et al. (2019) que utilizou do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) atrelados a métodos de coletas de dados subjetivos para definir requisitos de projeto para o desenvolvimento de um dispositivo de auxílio à transferência de usuário cadeirante, considerando os princípios do Design Inclusivo e da ergonomia (Figura 8). Os resultados da coleta com o *Xsens* e os demais instrumentos de medida revelaram dados preocupantes sobre as condições de vida futura da usuária, de acordo com a análise, interpretação dos dados e avaliação feita por um fisioterapeuta, foi identificada a possibilidade de uma lesão futura no osso da bacia, que deixará a usuária impossibilitada de se locomover, inclusive de joelhos. Deste modo, considerando os exemplos de aplicação do *Xsens*, especialmente os dados obtidos por meio do *Software MVN Studio PRO* fica verificado o alto potencial de uso e possibilidades de utilização desta tecnologia em diferentes áreas e ambientes.

Figura 8 – Utilização do Xsens em projetos de Tecnologia Assistiva



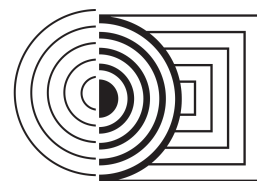
Fonte: Elaborado pelos autores com base em Paulo et al. (2019).

5. Conclusões

O desenvolvimento desta pesquisa partiu da problemática relacionada aos desafios na gravação dos movimentos humanos, com precisão e por sensores não invasivos, assim como, espaço de trabalho não limitado. Nesta perspectiva, uma alternativa, é o Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) uma vez, que permite a captura e análise dos movimentos por meio de dados precisos e quantificáveis, em 3D e em tempo real, dentro e fora do ambiente laboral. Para isso, foram pesquisados e identificados na literatura trabalhos associados a captura de movimentos e o Software MVN Studio PRO, especificamente, que se utilizaram destes para o desenvolvimento de seus estudos.

Com base nas informações adquiridas sobre a aplicabilidade do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais (*Xsens*) e do *Software MVN Studio PRO*, especificamente, verificou-se várias aplicações do *Xsens*, auxiliando em diversos setores como, na agricultura, setor automotivo, setor de serviços, setor da saúde, da Tecnologia Assistiva, dentre outros. A partir disso, foram identificadas possíveis oportunidades de aplicações do *Xsens* em outros setores, a citar:

- **Aplicação na reabilitação de lesões esportivas:** Por meio do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais e do *Software MVN Studio PRO*, acredita-se que profissionais da área da Fisioterapia com base no rastreamento dos movimentos dos atletas, podem realizar análises e avaliações por meio de dados biomecânicos precisos, que podem contribuir para o acompanhamento e melhorias da reabilitação de atletas lesionados. Com isso, seus dados também podem auxiliar na determinação do tempo de recuperação da lesão. Como vantagens, podem ser citadas, a obtenção dos dados em



tempo real, durante a execução dos movimentos dos atletas e o detalhamento dos dados disponibilizados.

- **Auxílio no aprimoramento protético:** Acredita-se que a utilização do Xsens, pode auxiliar no desenvolvimento e análise de próteses, verificando se uma determinada prótese é adequada e atende às necessidades específicas do corpo do usuário. Como vantagens se teria a possibilidade de estar realizando o acompanhamento do período de adaptação do usuário com o produto durante a realização de suas atividades cotidianas, considerando a portabilidade do equipamento. Bem como, contribuiria para o desenvolvimento de próteses mais seguras, confortáveis e, conseqüentemente mais ergonômicas.
- **Otimização do processo produtivo e redução da carga de trabalho:** A aplicação do Xsens dentro do setor de produção de uma determinada organização possibilitaria o monitoramento do fluxo de trabalho, captura relacionada a como os trabalhadores se movimentam e interagem com as máquinas e as estações de trabalho e a medição do tempo gasto para a realização de cada tarefa. Resultando em dados ágeis e precisos, sem interferir na produção e execução dos movimentos do trabalhador. Acredita-se que com isso, poderiam ser desenvolvidas propostas de layouts, considerando os aspectos organizacionais, técnicos e ergonômicos. Essas medidas corretivas gerariam novos fluxos de trabalho, reduzindo o tempo de cada ciclo.
- **Identificação de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) dos Cirurgiões Dentistas.**

Considerando os riscos elevados de lesões relacionadas às atividades realizadas pelos cirurgiões-dentistas, que envolvem esforços físicos, deslocamentos, movimentos e posturas para a realização das atividades (CARNEIRO, 2005). Acredita-se que a inserção do Xsens, pode contribuir com a identificação de problemas físicos, ergonômicos e organizacionais neste setor, bem como na definição de medidas preventivas e/ou corretivas associadas ao ambiente e suas atividades de trabalho.

Por fim, espera-se que esta pesquisa desperte o interesse de outros pesquisadores e instituições em aprofundar-se no conhecimento sobre a análise do movimento humano, e das ferramentas disponíveis para isso, a exemplo do Sistema de Captura de Movimentos por sensores inerciais e do Software MVN Studio PRO.



Agradecimentos

Agradecemos ao POSDESIGN e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), ao Núcleo de Gestão de Design e Laboratório de Design e Usabilidade (NGD-LDU), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Cooper Rio Novo, à Equipe UFSC Baja SAE e à Empresa de Entrega de Encomendas. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. Referências

- BATALHA, Priscila Ramos; MEJIA, Dayana Priscila Maia. **A importância da antropometria para a ergonomia**. 2016.
- BRODIE, Matthew; WALMSLEY, Alan; PAGE, Wyatt. Captura de movimento de fusão: um sistema protótipo usando unidades de medida inerciais e GPS para a análise biomecânica de corridas de esqui. **Tecnologia Esportiva**, v. 1, n. 1, pág. 17-28, 2008.
- CHEN, Xi. **Human motion analysis with wearable inertial sensors**. 2013.
- DE MOURA, Henrique Martim; BEMVENUTI, Renata Heidtmann; FRANZ, Luis Antonio Santos. Produção brasileira em Ergonomia no cenário internacional. **Revista Prâxis**, v. 1, p. 31-56, 2020.
- FORCELINI, Franciele; VARNIER, Thiago; MERINO, Eugenio Andrés Díaz. **Termografia Infravermelha e Captura de Movimentos: vantagens e desvantagens no desenvolvimento de projetos**, p. 2652-2664. In: Anais do 13º Congresso Pesquisa e Desenvolvimento em Design (2018). São Paulo: Blucher, 2019
- GANDY, Elizabeth A. et al. A preliminary investigation of the use of inertial sensing technology for the measurement of hip rotation asymmetry in horse riders. **Sports Technology**, v. 7, n. 1-2, p. 79-88, 2014.
- JOHNSON, Daniel; CLARKSON, John; HUPPERT, Felicia. Capability measurement for inclusive design. **Journal of Engineering Design**, v. 21, n. 2-3, p. 275-288, 2010.
- LIMA, Mauro Loureiro Alves; FARIAS, JR de F. A gestão integrada no gerenciamento de projetos complexos. In: **Anais do VIII Congresso nacional de excelência em gestão**, Rio de Janeiro. 2012.
- LONGHI, Adriana. Análise cinemática do saque flat de tenistas infantojuvenis. 2014. 197 f. **Dissertação (Mestrado)** - Curso de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.



18^o ERGODESIGN & USIHC 2022

MANNRICH, Giuliano et al. **Integração de avaliações ergonômicas quantitativas e qualitativas para o diagnóstico da sobrecarga física e incidência de lesões osteomioarticulares**. 2018.

PAULO, Irandir Izaquiel. **Gestão e Tecnologia**: sistema de captura de movimentos por sensores inerciais (xsens) para o levantamento de dados no design centrado no ser humano. 2021. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Design, Centro de Comunicação e Expressão, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

ROETENBERG, Daniel; LUINGE, Henk; SLYCKE, Per. Xsens MVN: full 6DOF human motion tracking using miniature inertial sensors. **Xsens Motion Technologies BV**, v.3, p. 1-9, 2013.

SILVA, Júlio César R. P. da; TARALLI, Cibele H.; MELZ, Simone P. M. Termograma: A imagem térmica como instrumento de diagnóstico rápido no design. In: Fourth International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation. **Anais...** Florianópolis, SC, Brasil: 2015.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005.

SPECK, G. M., PICHLER, R. F., MANNRICH, G., GUIMARÃES, B., DOMENECH, S. C., MERINO, G. S. A. D., & MERINO, E. A. D. (2016). Processo de instrumentação integrada no desenvolvimento de projetos de Tecnologia Assistiva. In **Anais do 18º Congresso Brasileiro de Ergonomia**. Belo Horizonte: ABERGO.

STEINFELD, Edward; LENKER, James; PAQUET, Victor. **The Anthropometrics of Disability: An International Workshop**. New York: U.S. Access Board, 2002.

TONIN, Luiz Antônio et al. Avaliação de tecnologias de captura de movimentos em projetos de situações produtivas. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ENEGEP, 2015.

VARNIER, Thiago. Fatores Humanos associados aos projetos de Design: protocolo de coleta para a captura de movimentos. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 250 p., 2019.

WOUDA, F. J., GIUBERTI, M., BELLUSCI, G., & VELTINK, P. H. Estimation of full-body poses using only five inertial sensors: an eager or lazy learning approach? *Sensors*, v. 16, n. 12, p. 2138, 2016.

XSENS. **Moven**: user manual. Moven Motion Capture System. The Netherlands: Xsens Technologies B.V. 2012.