






# Exploring Telerehabilitation with Clynx® Platform: Usability and Impact Assessment

## Exploração da Telereabilitação com a Plataforma Clynx®: Avaliação de Usabilidade e Impacto

Irina Esteves Lopes<sup>1,4</sup> , Maria Leonor Adrião<sup>2</sup>, Paulo Clemente<sup>2</sup>, Hugo Plácido da Silva<sup>3,4</sup> , Gil Dias<sup>1</sup> ,  
Gonçalo Chambel<sup>1</sup> , & Joana Figueiredo Pinto<sup>1</sup> 

**Keywords:** physiotherapy, Clynx, patient-centred care, usability, sustainable healthcare

**Palavras-chave:** fisioterapia, Clynx, cuidado centrado no paciente, usabilidade, saúde sustentável

### To Cite:

Esteves Lopes, I., et al. (2024) Exploring Telerehabilitation with Clynx® Platform: Usability and Impact Assessment. *Biomedical and Biopharmaceutical Research*, 21(1), 1-23.

 [10.19277/bbr.21.1.329](https://doi.org/10.19277/bbr.21.1.329)

1 - Clynxio, Lda. (Clynx Health), Rua Augusto Macedo, 6, 5º Dto., 1600-794, Lisboa, Portugal

2 - Centro Hospitalar do Oeste E.P.E. (Unidade Local de Saúde do Oeste), Rua Diário de Notícias, 2500-176 Caldas da Rainha, Portugal

3 - IT – Instituto de Telecomunicações, Instituto Superior Técnico, Torre Norte - Piso 10, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, Portugal

4 - Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001, Lisboa, Portugal

Correspondence to / Correspondência a:  
[info@Clynx.io](mailto:info@Clynx.io)

Received / Recebido: 04/11/2023  
Accepted / Aceite: 16/03/2024

### Abstract

Telerehabilitation offers a transformative approach to physiotherapy, offering convenience, practicality, and sustainability. This paper presents a clinical study conducted at Unidade Local de Saúde do Oeste, in Portugal, involving 37 physiotherapy patients with chronic shoulder pain who utilized the Clynx® Platform for an average of 15.22 home-based sessions. Analysis of physiotherapist login data and patient travel data allowed for evaluation of platform usability, physiotherapist time management, and environmental impact. Patients highlighted schedule flexibility and time optimization as primary advantages, with 36.85% of sessions occurring on weekends and after hours, catering especially to busy professionals. In this study, telerehabilitation saved over 12,000 kilometres of travel and related expenses, while reducing carbon emissions by over 1.30 tons. The Clynx® Platform optimized physiotherapist-patient time management, saving approximately 45.30% of time in mild patient care, which could be redirected to more acute cases, potentially alleviating waiting lists in public hospitals. Telerehabilitation demonstrated positive impacts on usability, socioeconomic factors, and environmental indicators for both patients and healthcare professionals, driving the digitization of physiotherapy towards efficient, sustainable, and patientcentric care. This study underscores telerehabilitation as a promising avenue for the future of physiotherapy.

### Resumo

A telereabilitação oferece uma abordagem transformadora à fisioterapia, proporcionando conveniência, praticidade e sustentabilidade. Este artigo apresenta um estudo clínico realizado no Unidade Local de Saúde do Oeste, em Portugal, envolvendo 37 pacientes de fisioterapia com dor crónica no ombro que utilizaram a Plataforma Clynx® para uma média de 15,22 sessões domiciliárias. A análise dos dados de login dos fisioterapeutas e dos dados de deslocamento dos pacientes permitiu avaliar a usabilidade da plataforma, a gestão do tempo dos fisioterapeutas e o impacto ambiental. Os pacientes destacaram a flexibilidade de horários e a otimização do tempo como principais vantagens, com 36,85% das sessões ocorrendo aos fins de semana e fora do horário comercial, atendendo especialmente aos profissionais ocupados. Neste estudo, a telereabilitação economizou mais de 12.000 quilómetros de deslocamento e despesas relacionadas, além de reduzir as emissões de carbono em mais de 1,30 toneladas. A Plataforma Clynx® otimizou a gestão do tempo entre fisioterapeutas e pacientes, economizando aproximadamente 45,30% do tempo no cuidado de pacientes leves, que poderia ser direcionado para casos mais agudos, potencialmente aliviando as listas de espera em hospitais públicos. A telereabilitação demonstrou impactos positivos na usabilidade, fatores socioeconómicos e indicadores ambientais tanto para pacientes quanto para profissionais de saúde, impulsionando a digitalização da fisioterapia rumo a um cuidado eficiente, sustentável e centrado no paciente. Este estudo destaca a telereabilitação como uma promissora abordagem para o futuro da fisioterapia.

## Introduction

Effective rehabilitation solutions, specifically tailored to individual patient needs, are vital for timely and comprehensive recovery. However, the existence of long waiting lists for such services exacerbates the challenges patients face in accessing essential care. Prolonged waiting times lead to adverse effects on patients (1) and increased healthcare costs (2). These lengthy waiting periods are particularly prevalent in areas with high demand and limited resources (3). Telerehabilitation emerges as a promising solution to reduce waiting times, especially for non-urgent cases (1, 4).

The COVID-19 pandemic forced a rapid shift to remote physiotherapy, offering a unique opportunity to evaluate telerehabilitation's effectiveness (5-7). Research has consistently shown comparable or superior outcomes to in-person care (8-10). Proper implementation and management are crucial for its successful integration into healthcare systems (11).

Gamification in physiotherapy offers a promising solution for enhancing rehabilitation outcomes, especially for patients struggling with conventional exercises. By integrating rewards and challenges, this approach motivates patients to engage consistently and track their progress, fostering adherence and achievement (12). This technique is versatile across various medical conditions but requires consideration of individual preferences and technological proficiency. While challenges such as long-term engagement and user comfort exist, gamified techniques show potential in improving recovery and treatment adherence (13). Continued research and refinement are essential for maximizing their effectiveness and revolutionizing rehabilitation practices. (14)

This study assesses the Clynx® Platform, a gamification tool that supports remote physiotherapy. It enables physiotherapists to customize treatment plans and monitor patient progress. Patients engage with the platform through gamified exercises, improving motivation and autonomy.

## Introdução

As soluções de tratamento para fisioterapia, especificamente personalizadas às necessidades individuais do paciente, desempenham um papel crucial em apoiar os pacientes na sua jornada de recuperação, mas as longas listas de espera para os serviços de Medicina de Reabilitação representam um entrave significativo. Os tempos de espera prolongados levam a efeitos adversos nos pacientes (1) e aumentam os gastos na saúde (2). Estes períodos de espera longos são particularmente prevalentes em áreas com elevada procura e recursos limitados (3). Assim, a telereabilitação surge como uma solução promissora para reduzir os tempos de espera, especialmente para casos não urgentes (1, 4).

A pandemia COVID-19 forçou uma transição rápida para a fisioterapia remota, oferecendo uma oportunidade única para avaliar a eficácia da telereabilitação (5-7). Vários estudos têm mostrado consistentemente que os resultados desta ferramenta são comparáveis ou superiores aos cuidados presenciais (8-10). Para uma integração bem-sucedida da telereabilitação nos sistemas de saúde é necessária uma implementação e gestão de recursos adequadas (11).

A gamificação na fisioterapia oferece uma solução promissora para melhorar os resultados da reabilitação, especialmente para pacientes com dificuldades nos exercícios convencionais. Ao integrar recompensas e desafios, essa abordagem motiva os pacientes a se engajarem de forma consistente e a acompanharem seu progresso, promovendo a adesão e o alcance de objetivos (12). Essa técnica é versátil em diversas condições médicas, mas requer consideração das preferências individuais e da proficiência tecnológica. Embora desafios como o envolvimento a longo prazo e o conforto do utilizador existam, as técnicas gamificadas mostram potencial em melhorar a recuperação e a adesão ao tratamento (13). Pesquisas contínuas e refinamentos são essenciais para maximizar a sua eficácia e revolucionar as práticas de reabilitação (14).

Este estudo avalia a Plataforma Clynx®, uma ferramenta de gamificação que apoia a fisioterapia em regime remoto. Ela permite aos fisioterapeutas personalizar planos de tratamento e monitorizar o progresso do paciente. Os pacientes interagem com a plataforma através de exercícios gamificados, melhorando a motivação e a autonomia.

The core aim of this study is to assess the usability of the Clynx® Platform within a clinical context and its effect on physiotherapists' time allocation. Through this evaluation, we seek to determine the feasibility of telerehabilitation as an alternative for patients with less urgent conditions, leveraging the benefits offered by the Clynx® Platform. Additionally, the study investigates the socioeconomic and environmental ramifications of telerehabilitation, emphasizing its capacity to diminish waiting lists and minimize the healthcare system's ecological impact.

The article is organized into four sections: Materials and Methods, Results, Discussion, and Conclusion.

## Materials and Methods

### *Clynx® Platform*

The Clynx® Platform integrates a 3D motion capture camera (Oqus 300, Qualisys AB, Sweden) with proprietary software. The software includes a Desktop Application for patients to carry out physiotherapy sessions, and a Clinical Portal for physiotherapists to supervise and manage patients' treatment plans. The aim is to increase patient motivation throughout their rehabilitation journey.

The Desktop Application allows patients to engage in gamified physiotherapy exercises, utilizing a sophisticated motion capture system. Prior to each session, the software undergoes calibration to establish a baseline for every patient, ensuring accurate tracking of progress. During exercises, the 3D camera captures intricate motion data, enabling the platform to generate a virtual representation of the patient's body based on joint locations. This allows for an objective assessment of patient movements throughout each exercise (Figure 1). Additionally, the platform offers visualization of session data, including dates, exercises performed, and performance metrics.

The Clinical Portal enables physiotherapists to create and manage individual patient profiles and tailor treatment plans for each patient. Each patient's progress can be remotely monitored, and treatment plans updated as necessary. This comprehensive approach ensures optimal care and facilitates seamless adjustments to treatment protocols as patients progress toward recovery.

O objetivo principal deste estudo é avaliar a usabilidade da Plataforma Clynx® num contexto clínico e o seu efeito na alocação de tempo dos fisioterapeutas. Por meio desta avaliação, procuramos determinar a viabilidade da telereabilitação como alternativa para pacientes com condições menos urgentes, aproveitando os benefícios oferecidos pela Plataforma Clynx®. Além disso, o estudo investiga as ramificações socioeconômicas e ambientais da telereabilitação, enfatizando sua capacidade de reduzir listas de espera e minimizar o impacto ecológico do sistema de saúde.

O artigo está organizado em quatro seções: Materiais e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões.

## Materiais e Métodos

### *Plataforma Clynx®*

A Plataforma Clynx® é composta por uma câmara de captura de movimento 3D (Oqus 300, Qualisys AB, Suécia) e software proprietário. O software inclui uma aplicação para o PC para que os pacientes realizem sessões de fisioterapia, e um Portal Clínico para os fisioterapeutas supervisionarem e gerirem os planos de tratamento dos pacientes. O propósito é aumentar a motivação dos pacientes durante as suas sessões de fisioterapia.

A aplicação para o PC permite que os pacientes participem em exercícios de fisioterapia gamificados, utilizando um sofisticado sistema de captura de movimentos. Antes de cada sessão, o software é calibrado para estabelecer uma linha de base para cada paciente, garantindo um acompanhamento exato do progresso. Em cada exercício, os dados de movimento do paciente são obtidos usando uma câmara 3D. Isso permite que o software crie uma representação virtual do corpo do paciente, com base na localização de suas articulações, e avalie objetivamente os movimentos dos pacientes durante o exercício (Figura 1). Por fim, a plataforma permite a visualização de dados sobre as sessões realizadas, incluindo a data, os exercícios que foram realizados e métricas de desempenho.

O Portal Clínico permite aos fisioterapeutas criar perfis individuais para os pacientes, personalizar planos de tratamento e selecionar exercícios de reabilitação específicos, adaptados a cada paciente. O progresso de cada paciente pode ser monitorizado remotamente e os planos de tratamento podem

The Clynx® Platform's functionalities, such as motion capture, have received positive feedback from both patients and physiotherapists regarding patient adherence and motivation (12).

### Sample Characterization

The experimental protocol was approved by the Ethics Committee of the Unidade Local de Saúde do Oeste (Reference: 17/CES/2022).

The inclusion criteria for this study targeted adult patients suffering from a shoulder-related pathology that required at least ten sessions of telerehabilitation.

Specifically, the study targeted patients who suffered Shoulder Pain or Tendinopathy (e.g., Supra spinous tendinitis; Calcifying tendinitis of the rotator cuff; Rupture of the supraspinatus, the rotator cuff, or the long portion of the biceps). Patients were also required to have a Wi-Fi connection, a PC operating with Windows (8 or above), and a free space of around 1.5x2 meters surrounding the PC for the home-based sessions.

ser actualizados quando necessário. Esta estratégia integrada garante cuidados ótimos e facilita ajustes contínuos aos protocolos de tratamento à medida que os pacientes progredem na recuperação.

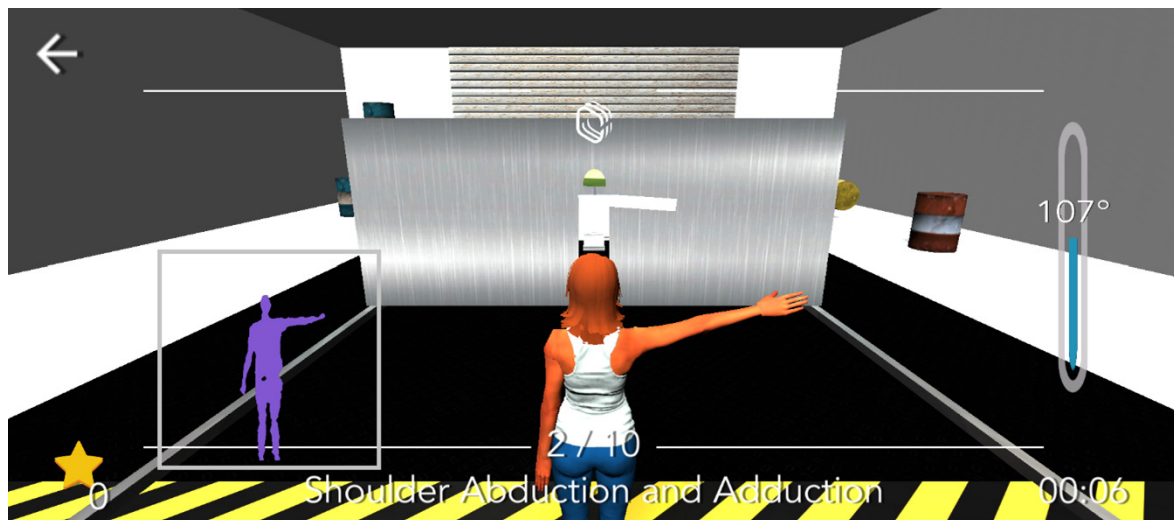
As características da Plataforma Clynx®, como captura de movimento e feedback postural, têm recebido feedback positivo tanto dos pacientes como dos fisioterapeutas relativamente à adesão e motivação dos pacientes (12).

### Caracterização da Amostra

O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê da Ética do Unidade Local de Saúde do Oeste (Referência: 17/CES/2022).

Os critérios de inclusão para este estudo visavam pacientes adultos que sofrem de alguma patologia do ombro que necessitariam de pelo menos dez sessões de telereabilitação.

Especificamente, o estudo visava pacientes que sofriam de dor no ombro ou tendinopatia (por exemplo, tendinite do supra espinhoso, tendinite calcificante do manguito rotador, rutura do supra espinhoso, manguito rotador ou da porção longa dos bíceps). Também era obrigatório que os pacientes tivessem uma conexão Wi-Fi, um PC Windows (8 ou superior) e um espaço livre de aproximadamente 1,5x2 metros ao redor do PC para as sessões em casa.



**Figure 1** - Example of a gamified exercise, where the patient performs the shoulder abduction movement whilst interacting with a dynamic scenario and gamified elements (e.g. stars system and feedback sounds to give information about performance execution of specific body movement and performance bar with information about amplitude degree of the specific angle in analysis, in this case amplitude of the abduction and adduction of shoulder. (12)

**Figura 1** - Exemplo de um exercício gamificado, em que o paciente executa o movimento de abdução do ombro enquanto interage com um cenário dinâmico e elementos gamificados (por exemplo, sistema de estrelas e sons de feedback para dar informações sobre a execução do desempenho de um movimento corporal específico e barra de desempenho com informações sobre o grau de amplitude do ângulo específico em análise, neste caso a amplitude da abdução e adução do ombro. (12)

Data were collected from a total of 37 patients (28 of whom were female) undergoing chronic shoulder pain treatment. The patients voluntarily participated, had never used telerehabilitation solutions for physical therapy, and were aged between 21 and 79 years old, with an average of  $52.16 \pm 12.36$  years old.

### *Study Protocol*

Two physiotherapists were involved in the contact and follow-up with the participants throughout the study. The following protocol was executed for each enrolled patient.

#### Selection and Initial Appointment

As standard practice at the hospital, participants began with mesotherapy sessions (one to four) to reduce pain. A physiatrist then assessed the physical condition, the inclusion criteria (c.f. Sample Characterization) and recorded the patient's self-assessed level of pain.

#### Treatment Plan

The physiotherapists designed and customized a treatment plan for the selected patient, based on the information provided in the previous step. Hence, they selected a set of functional exercises from the available library and adjusted the exercise parameters (i.e., number of sets, number of repetitions, and rest time) as well as the difficulty level.

#### First Session & Setup Instructions

The physiotherapists met with the patient, introduced them to the technologies (cf. Figure 2) and detailed the function of the study. In this first session, the patient performed a complete session in the hospital, with the supervision of their physiotherapist. This first clinical observation of the physical performance of the patient was used by the physiotherapy team to fine-tune the previously defined exercise plan. The physiotherapists then provided the hardware kit and software installation guidelines to the patient, advising them to perform three to four home-based sessions per week. Thereafter, the patient could contact the physiotherapist by phone or e-mail as much as needed, with physiotherapists ensuring a close communication with each patient at least twice per week.

Os dados foram recolhidos de um total de 37 pacientes (dos quais 28 eram do sexo feminino) em tratamento de dor crónica no ombro. Os pacientes participaram voluntariamente, nunca tinham utilizado soluções de telereabilitação para fisioterapia e tinham idades compreendidas entre os 21 e os 79 anos, com uma média de  $52,16 \pm 12,36$  anos.

### *Protocolo do Estudo*

Dois fisioterapeutas estiveram envolvidos no contacto e acompanhamento dos participantes ao longo do estudo. O seguinte protocolo foi executado para cada paciente inscrito:

#### Seleção e Primeira Consulta

Como prática padrão no hospital, os participantes começaram com sessões de mesoterapia (de uma a quatro) para reduzir a dor. Em seguida, um fisiatra avaliou a sua condição física, os critérios de inclusão (conforme Caracterização da Amostra) e registou o nível de dor autoavaliado pelo paciente.

#### Plano de Tratamento

Os fisioterapeutas projetaram e personalizaram um plano de tratamento para os pacientes selecionados com base nas informações fornecidas na etapa anterior. Assim, foi selecionado um conjunto de exercícios funcionais da biblioteca disponível e os parâmetros (número de séries e repetições e tempo de descanso) ajustados, bem como o nível de dificuldade.

#### Primeira Sessão e Instruções de Configuração

Os fisioterapeutas encontraram-se com o paciente, apresentaram-lhes a plataforma (ilustrado na Figura 2) e explicaram o funcionamento do estudo. Nesta primeira sessão, o paciente teve uma sessão completa no hospital sob a supervisão do fisioterapeuta. Esta primeira observação clínica do desempenho físico do paciente foi usada pela equipa de fisioterapia para ajustar o plano de exercícios definido anteriormente. Em seguida, os fisioterapeutas forneceram o kit de hardware e as instruções de instalação do software aos pacientes, aconselhando-os a realizar três a quatro sessões em casa por semana. O paciente poderia entrar em contato com o fisioterapeuta por telefone ou e-mail sempre que necessário, sendo que os fisioterapeutas garantiam uma comunicação próxima com cada paciente pelo menos duas vezes por semana.

## Home-based Therapy

Each patient was advised to complete approximately 15 sessions at home during an estimated maximum period of two months. The patients received an e-mail from the physiotherapists with the installation guidelines. Such guidelines advised the patient to download the Clynx® Platform Desktop Application to their PC for installation and set-up. Once the download was completed, the patient used their credentials to login into the application for their customized menu of exercises. Then, the session was followed according to the description in the Clynx® Platform section. The patients exercised autonomously, following their weekly sessions with their own schedule preference. At the end of each session, they self-reported their pain level (using the Visual Analogue Scale, 0-10) and effort level (using the Borg scale, 0 to 10) (15). The movement activity and the feedback data were then automatically summarized into session reports at the Clinical Portal, within which the physiotherapists could assess, adapt, and fine-tune the treatment plan of the patient at any given point. At the first home-based session, the platform automatically posed an optional Onboarding Form (see [Appendix](#) - Onboarding Form: Feedback on the Session using Clynx® Platform) to collect information on demographics and usability feedback.

### Data Analysis Methodology

This section outlines the methods used to analyse the results obtained from this home-based study, which were divided into three main verticals, described throughout the following subsections.

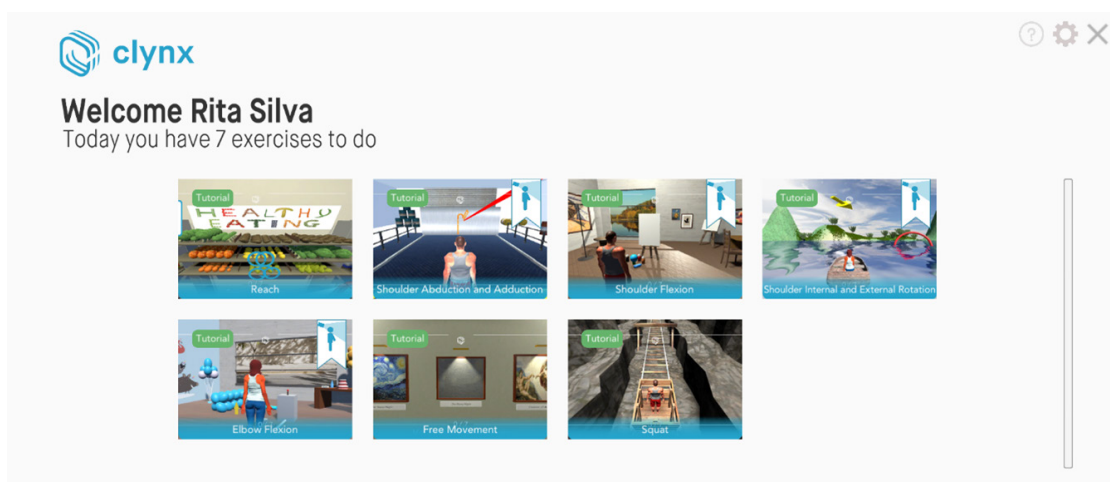
### Clinical Portal Data

## Terapia em Casa

Cada paciente foi aconselhado a completar cerca de 15 sessões em casa durante um período máximo de dois meses. Os pacientes receberam um e-mail dos fisioterapeutas com as instruções de instalação. Essas diretrizes aconselharam o paciente a descarregar a aplicação da Plataforma Clynx® para o seu Computador Pessoal (PC), seguir as etapas de instalação e concluir a configuração. Depois de concluído o download, o paciente usou as suas credenciais para fazer login no aplicativo e encontrar o menu de exercícios personalizados. Em seguida, a sessão foi realizada de acordo com o que é descrito na secção Plataforma Clynx®. Os pacientes realizaram os exercícios autonomamente, seguindo as sessões semanais de acordo com as preferências de horário. No final de cada sessão, os pacientes autoavaliavam seu nível de dor (usando a Escala Visual Analógica, de 0 a 10) e o nível de esforço (usando a escala de Borg, de 0 a 10) (15). A atividade e os dados de feedback são então automaticamente resumidos em relatórios de sessão no Portal Clínico, que os fisioterapeutas podem utilizar para avaliar, adaptar e ajustar o plano de tratamento do paciente em qualquer momento. Na primeira sessão em casa, a plataforma automaticamente apresentou um Formulário de Integração opcional (consulte o [Apêndice](#): Formulário de Onboarding: Feedback das Sessões com a Clynx® Platform) para recolher informações demográficas e feedback sobre a usabilidade, informações demográficas e feedback sobre a usabilidade.

### Metodologia de Análise de Dados

Esta secção descreve os métodos utilizados para analisar os resultados obtidos deste estudo, divididos em três verticais principais, descritos nas subsecções seguintes.



**Figure 2** - Exercise plan menu visualized by the patient on log-in.

**Figura 2** - Menu do plano de exercícios visualizado pelo paciente após o login.

The Clinical Portal is the primary interaction channel between the physiotherapist and the Clynx® Platform. This portal allows physiotherapists to create a profile for each patient, create a customized treatment plan and analyse their progress. Other actions are available for the physiotherapists within the Clinical Portal (e.g., deleting a patient profile or viewing the general dashboard), however, these were not considered, as they are not necessary for patient management for active physiotherapy treatments. Our data analysis is centred on:

*Creating a patient profile:* This action refers to the creation of a patient profile on the Clinical Portal (which involves collecting demographic details about the patient), as illustrated in the Figure 3. The average duration required for this action will be analysed and discussed.

*Creating and modifying a patient's treatment plan:* This action refers to the creation of a treatment plan for a given patient, involving selecting the most suitable exercises from the available library and optionally customizing them, can be updated at any time during the physiotherapy treatment (cf. Figure 4). Due to the relevance of this feature, the average duration a physiotherapist takes to modify or update a treatment plan for each patient, and in general, was examined. This time was calculated by checking the time between when the physiotherapist enters the "Create Plan" page and when the physiotherapist saves the new plan. Even though the creation and modification actions represent the same workflow, it is possible to divide them into a "creating the first

### Dados do Portal Clínico

O Portal Clínico é o principal canal de interação entre o fisioterapeuta e a Plataforma Clynx®. Este portal é o que permite aos fisioterapeutas criar um perfil para cada paciente, criar um plano de tratamento personalizado e analisar o progresso dos mesmos. Existem outras ações que os fisioterapeutas podem realizar dentro do Portal Clínico (por exemplo, excluir o perfil de um paciente ou visualizar o painel geral), mas estes não foram considerados, uma vez que não são aplicáveis ao contexto do estudo. Mais detalhadamente, a análise de dados é centrada em:

*Criação do perfil de paciente:* Essa ação refere-se à criação de um perfil de paciente no Portal Clínico (que envolve a recolha de detalhes demográficos do paciente), conforme ilustrado na Figura 3. A duração média da ação será analisada e discutida.

*Criação e modificação do plano de tratamento de um paciente:* Esta ação refere-se à criação de um plano de tratamento para um paciente específico, que envolve a seleção dos exercícios mais adequados da biblioteca disponível e, opcionalmente, personalizá-los. O plano pode ser atualizado a qualquer momento durante o tratamento de fisioterapia (ilustrado na Figura 4). Devido à relevância deste recurso, a análise também inclui o tempo médio que um fisioterapeuta leva para modificar ou atualizar um plano de tratamento para cada paciente e, em geral. Este tempo é calculado através do tempo entre o fisioterapeuta aceder a página "Criar Plano" e o fisioterapeuta guardar o novo plano. Embora as ações de criação e modificação

**Figure 3** - Page to create the profile of the patient made available by the physiotherapist in the Clinical Portal.  
**Figura 3** - Página para criar o perfil do paciente disponibilizado pelo fisioterapeuta no Portal Clínico.

plan" action, which only occurs once, and a "modify the current plan" action, which can happen more than once. This differentiation will be analysed below.

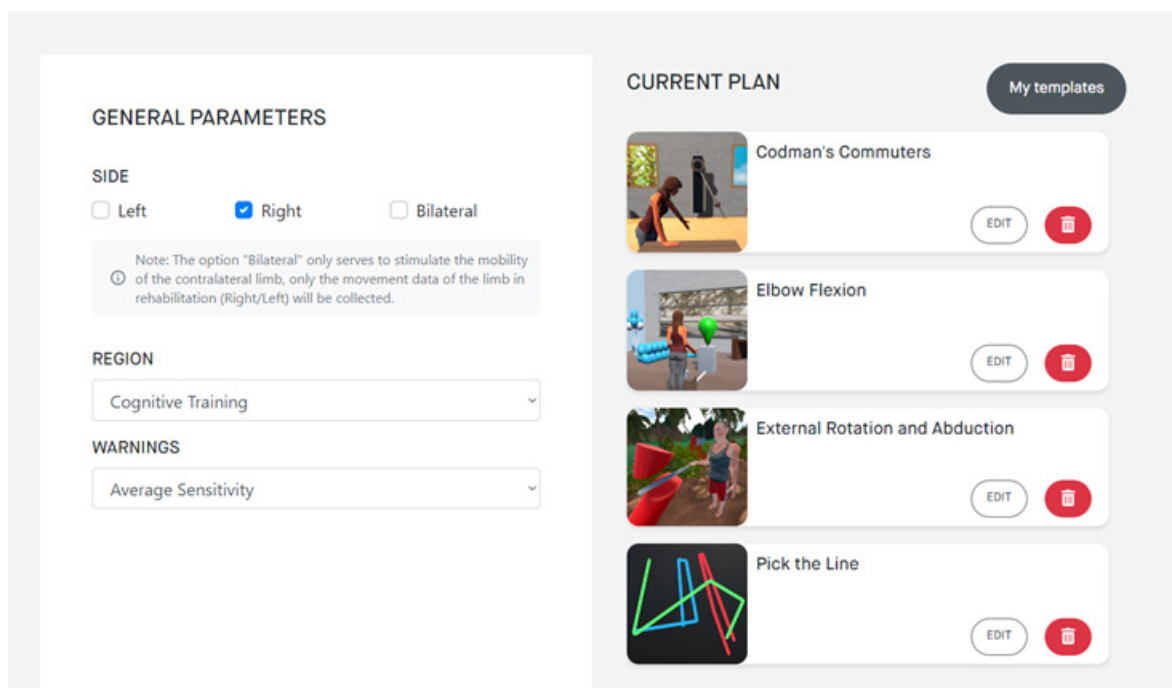
Analysing the patient progress: This action refers to the procedure of visiting the Clinical Portal, searching for a patient, and analysing their sessions. Each session done with the Clynx® Platform is recorded and then shown on the Clinical Portal. The physiotherapist can then check the sessions performed by each patient, which contain exercise-specific information (e.g., depicted in Figures 5 and 6), and make a more informed decision based on the progress of the patient. Note that this action is not mandatory. Regarding this action, we will analyse the average time a physiotherapist takes to review the patient progress.

For this last action, there is a data interpretation challenge, since, unlike the other actions where there is a clickable button that marks the completion of the task, for the analysis of the sessions there is no way of knowing when the physiotherapists stopped performing this action. For example, the physiotherapist could have opened the page to view the progress and left it open through the day, but that does not signify that the physiotherapists was actively reviewing the data for the (entire) duration. Moreover, this page is the default page when a physiotherapist clicks on a patient profile. If a physiotherapist wants to update the treatment plan, for example, they would still be redirected to the analysis page and would then need to change

representem o mesmo fluxo de trabalho, é possível dividir em: ação de "criação do primeiro plano", que ocorre apenas uma vez, e ação de "modificar o plano atual", que pode acontecer mais de uma vez. Essa diferenciação será analisada abaixo.

Análise do progresso do paciente: Esta ação refere-se ao procedimento de aceder ao Portal Clínico, procurar um paciente e analisar as sessões respetivas. Cada sessão feita com a Plataforma Clynx® é registada e, em seguida, exibida no Portal Clínico. O fisioterapeuta pode então verificar as sessões realizadas por cada paciente, que contêm informações específicas de exercícios (por exemplo, mostradas nas Figura 5 e 6), e tomar uma decisão informada com base no progresso do paciente. Observe-se que esta ação não é obrigatória. Relativamente a esta ação, analisaremos o tempo médio que um fisioterapeuta leva para rever o progresso do paciente.

Para esta última ação, existe um desafio de interpretação de dados, pois, ao contrário das outras ações onde existe um botão clicável que marca a conclusão da tarefa, para a análise das sessões não há como saber quando os fisioterapeutas realmente terminaram a ação. Por exemplo, o fisioterapeuta pode ter aberto a página para ver o progresso e tê-la deixado aberta durante o dia, mas isso não significa que os fisioterapeutas tenham analisado ativamente os dados durante todo o tempo. Além disso, esta página é a página inicial quando um fisioterapeuta clica no perfil de um paciente. Se um fisioterapeuta quiser atualizar o plano de tratamento, por exemplo,



**Figure 4** - Clinical Portal menu for creation of rehabilitation plans by physiotherapists.

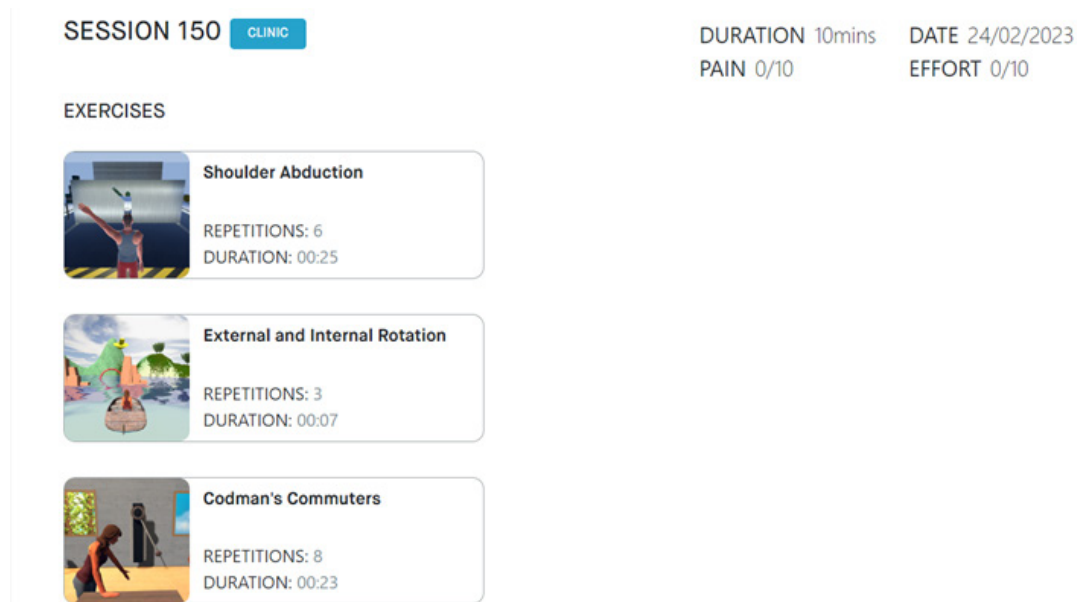
**Figura 4** - Menu do Portal Clínico para a criação de planos de reabilitação pelos fisioterapeutas.



the page. For the reasons presented above, a filter was applied when analysing the times for this action, where times that were lower than 5 seconds or over an hour were discarded. Moreover, visits to the progress page that occurred on the same day were only accounted as one visit.

### Telerehabilitation Usability and Sessions

ainda seria redirecionado para a página de análise e, em seguida, teria de mudar de página. Por essas razões, foi aplicado um filtro ao analisar os tempos para esta ação, onde tempos inferiores a 5 segundos ou superiores a uma hora foram descartados. Além disso, as visitas à página de progresso que ocorreram no mesmo dia foram consideradas apenas como uma visita.



**Figure 5** - Sessions' summary page through which physiotherapists can monitor the performance of the patient on the Clinical Portal.

**Figura 5** - Página de resumo das sessões através da qual os fisioterapeutas podem monitorizar o desempenho do doente no Portal Clínico.



**Figure 6** - Example of single session data presented in Clinical Portal for shoulder abduction movement.

**Figura 6** - Exemplo de dados de uma única sessão apresentados no Clinical Portal para o movimento de abdução do ombro.

To assess the usefulness and easiness of deploying telerehabilitation, two questions from the Onboarding Form (c.f. *Onboarding Form: Feedback on the Session using Clynx® Platform*) were analysed, concerning the professional status of the patients and how long it took patients to install the Clynx® Platform on their PC. By delving into the professional status of patients, a connection between a flexible physiotherapy platform and its effective utilization among employed individuals could be established.

Moreover, the activity data regarding the interaction of the patients with the Clynx® Platform enabled the analysis of the total duration of the telerehabilitation treatment, the number of sessions, the number of exercises of each session, the weekly frequency, and the number and rate of sessions performed on weekends and after hours (i.e., sessions after 7 pm).

The total duration of the telerehabilitation treatment was calculated by identifying the first and last sessions performed by each patient, and then calculating the number of days in between those dates. The number of sessions was calculated using the number of logins registered by each participant throughout the treatment period, considering only sessions that had exercises completed, and there only one session was considered per day, even if the patient had two logins performed on the same day. Thus, the weekly frequency was computed by dividing the number of sessions by the treatment duration of each patient. The number of exercises of each session was calculated by analysing the exercises listed on the activity of each session, across the entire treatment.

The number and rate of sessions performed on weekends were computed by identifying the sessions that were performed on weekend days. The Pearson Coefficient was used to compute to assess the correlation between the age of the patient and the use of the platform during weekends.

#### Socio-Economic and Environmental Impact

Based on the responses received from patients on the *Onboarding Form*, we analysed the data to estimate the average distance between patients' homes and the hospital for different distance ranges. We also calculated the average number of kilometres travelled per in-person session, considering the average number of sessions per patient. Using this data, we were able to determine the total estimated kilometres saved since the beginning of the study through the implementation of telerehabilitation. 11

To comprehensively assess the impact of

#### Usabilidade da Telereabilitação e Sessões

Para avaliar a utilidade e facilidade de implantação da Telereabilitação, foram analisadas duas perguntas do *Formulário de Onboarding: Feedback das Sessões com a Clynx® Platform*, referentes à situação profissional dos pacientes e ao tempo que os pacientes levaram para instalar a Plataforma Clynx® nos seus PCs. Ao aprofundar a situação profissional dos pacientes, tornou-se possível estabelecer as vantagens da utilização de uma plataforma de fisioterapia flexível entre pessoas empregadas.

Além disso, os dados de atividade relacionados à interação dos pacientes com a Plataforma Clynx® permitiram a análise da duração total do tratamento de telereabilitação, o número de sessões, o número de exercícios de cada sessão, a frequência semanal e o número e taxa de sessões realizadas nos fins de semana e após o horário de expediente (ou seja, sessões após as 19h).

A duração total do tratamento foi calculada identificando as primeiras e últimas sessões realizadas por cada paciente e, em seguida, calculando o número de dias entre as datas. O número de sessões foi calculado usando o número de logins registados por cada participante durante o período de tratamento, tendo em conta apenas as sessões que tiveram exercícios concluídos, e apenas uma sessão foi considerada por dia, mesmo que o paciente tivesse realizado dois logins no mesmo dia. Portanto, a frequência semanal foi calculada dividindo o número de sessões pela duração do tratamento de cada paciente. O número de exercícios de cada sessão foi calculado analisando os exercícios listados na atividade de cada sessão, ao longo de todo o tratamento.

O número e a taxa de sessões realizadas nos fins de semana foram calculados identificando as sessões realizadas nos dias do fim de semana. Além disso, o Coeficiente de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre a idade do paciente e o uso da plataforma nos fins de semana.

#### Impacto Socioeconómico e Ambiental

Com base nas respostas dos pacientes no *Formulário de Onboarding*, analisámos os dados para estimar a distância média entre as casas dos pacientes e o hospital para diferentes faixas de distância. Também calculámos o número médio de quilómetros percorridos por sessão presencial, tendo em consideração o número médio de sessões por paciente. Usando estes dados, pudemos determinar o total estimado de quilómetros economizados desde o

telerehabilitation, we further estimated the potential reduction in carbon oxide emissions associated with the reductions in the travelled distance. We utilized the average carbon oxides emissions from new cars in Portugal to calculate the estimated total emissions savings.

These calculations were extrapolated to encompass the entire patient population included in the study.

## Results & Discussion

### Clinical Portal

A summary of the activity of physiotherapists on the Clinic Portal is shown in Figure 7. Within the Clinical Portal, the data suggests that the activity of physiotherapists was divided mainly between planning and modifying the patients' session plans (22.5%) and analysing the data obtained from the sessions held by the patients (73.4%). The remaining time was distributed by the tasks of creating, editing, or deleting patients' profiles (4.1%). Nevertheless, the intervention of physiotherapists in the process of rehabilitation was dynamic and variable; they distributed their time between these tasks according to the needs of each patient. Throughout the entire treatment process in which the Clynx® Platform is used, on average per patient, the physiotherapist used the Clinical Portal for 43.3 minutes. Each patient required a personalized intervention tailored to

início do estudo, como resultado da implementação da telereabilitação.

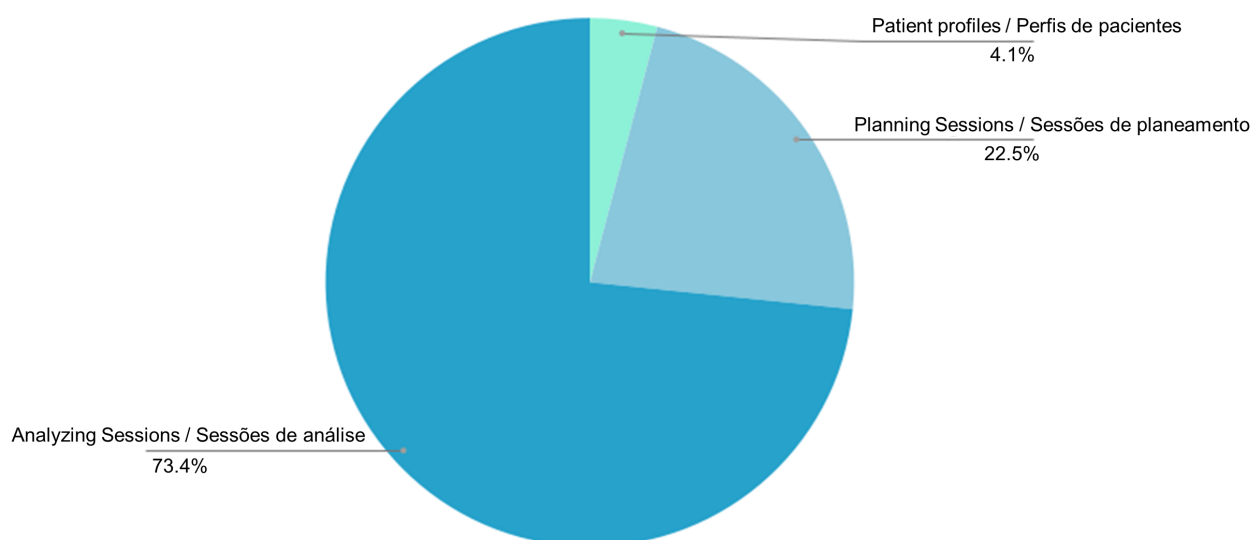
Para avaliar o impacto da telereabilitação, estimámos ainda a redução potencial nas emissões de óxidos de carbono associadas à redução da distância percorrida. Utilizámos as emissões médias de óxidos de carbono de carros novos em Portugal para calcular as poupanças totais estimadas de emissões.

Esses cálculos foram extrapolados para abranger toda a população de pacientes incluídos no estudo.

## Resultados & Discussão

### Portal Clínico

Uma síntese da atividade dos fisioterapeutas no Portal Clínico é mostrada na Figura 7. No Portal Clínico, os dados sugerem que a atividade dos fisioterapeutas é dividida principalmente entre o planeamento e a modificação dos planos de sessão dos pacientes (22,5%) e a análise dos dados obtidos das sessões realizadas pelos pacientes (73,4%). O tempo restante é distribuído pelas tarefas de criar, editar ou excluir perfis de pacientes (4,1%). No entanto, a intervenção dos fisioterapeutas no processo de reabilitação é dinâmica e variável; eles distribuem o seu tempo entre essas tarefas de acordo com as necessidades de cada paciente. Durante todo o processo de tratamento em que a Plataforma Clynx® é utilizada, o fisioterapeuta usou o Portal Clínico por 43,3 minutos em média por



**Figure 7** - Distribution of physiotherapists' time when interacting with the Clinical Portal.

**Figura 7** - Distribuição do tempo de interação dos fisioterapeutas com o Portal Clínico.

their specific needs, resulting in varying durations of treatment for each.

#### *Creating a Patient Profile*

On average, a physiotherapist took  $3.43 \pm 4.49$  minutes to create a profile for each patient. The high standard deviation is due to the presence of outliers. For example, the maximum time was 16.78 minutes, and the minimum was 0.38 minutes, thus obtaining a median value of 1.19 minutes. The high creation time could be due to several reasons, for example, not having instant access to the patient information such as their email and demographics.

#### *Creating and Updating the Treatment Plan*

Creating or modifying a treatment plan took on average  $5.34 \pm 5.52$  minutes and a physiotherapist performed this action on average  $3.71 \pm 1.91$  times per patient. Physiotherapists took on average  $3.43 \pm 4.49$  minutes to create the first plan and  $6.14 \pm 8.80$  minutes to modify existing plans. It is also possible to analyse the total time physiotherapists took to create or update a treatment plan for a given patient, which was  $18.76 \pm 23.87$  minutes. Once again, these results present a high standard deviation, which could be explained by the high number of possible actions within creating or updating a treatment plan, although the median obtained was 9.56 minutes.

#### *Analysing Patients Progress*

Each time the physiotherapists visited the patient page to analyse their progress, they spent  $3.17 \pm 2.61$  minutes on average analysing the information. This time represents a single visit to the Clinical Portal. During the treatment of a given patient, the physiotherapist visited their progress page  $19.5 \pm 5.6$  times on average, which amounts to a total of  $61.16 \pm 48.21$  minutes spent analysing the patient progress. A view of the average duration and number of visits to observe a patient's progress presented in Figure 8.

As shown in Figure 8, most of the visits (83%) last up to 5 minutes, which compared to conventional physiotherapy, is smaller or similar. Considering the duration of the treatment for each patient, it is also possible to observe that physiotherapists visit the patients' progress page every  $3.41 \pm 0.97$  days.

paciente. Cada paciente requer uma intervenção personalizada adaptada às suas necessidades específicas, resultando em durações variáveis para o tratamento de cada indivíduo.

#### *Criação do Perfil de Paciente*

Em média, um fisioterapeuta levou  $3,43 \pm 4,49$  minutos para criar um perfil para cada paciente. O alto desvio padrão deve-se à presença de valores atípicos. Por exemplo, o tempo máximo foi de 16,78 minutos e o mínimo foi de 0,38 minutos, obtendo assim uma mediana de 1,19 minutos. O elevado tempo de criação pode ser, por exemplo, devido a não ter acesso instantâneo às informações do paciente, como seu e-mail e demografia, ou outros fatores.

#### *Criação e Atualização do Plano de Tratamento*

Criar ou modificar um plano de tratamento levou em média  $5,34 \pm 5,52$  minutos e um dos fisioterapeutas realizou esta ação em média  $3,71 \pm 1,91$  vezes por paciente. Particularmente, os fisioterapeutas levaram em média  $3,43 \pm 4,49$  minutos para criar o primeiro plano e  $6,14 \pm 8,80$  minutos para modificar o plano atual. Também é possível analisar o tempo total que os fisioterapeutas levaram para criar ou atualizar um plano de tratamento para um determinado paciente, que é de  $18,76 \pm 23,87$  minutos. Mais uma vez, esses resultados apresentam um alto desvio padrão, que pode ser explicado pelo alto número de possíveis ações ao criar ou atualizar um plano de tratamento, embora a mediana obtida tenha sido de 9,56 minutos.

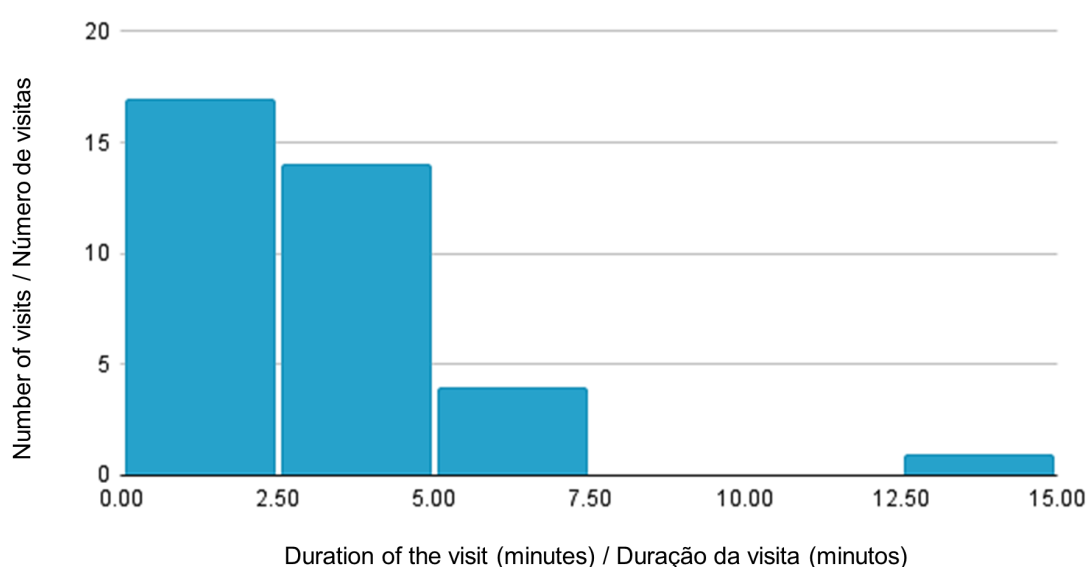
#### *Análise do Progresso dos Pacientes*

Cada vez que os fisioterapeutas visitam a página do paciente para analisar o seu progresso, passam em média  $3,17 \pm 2,61$  minutos a analisar as informações. Esse tempo representa uma visita única ao Portal Clínico. Durante o tratamento de um determinado paciente, o fisioterapeuta visitou a página de progresso do paciente  $19,5 \pm 5,6$  vezes em média, o que equivale a um total de  $61,16 \pm 48,21$  minutos despendidos a analisar o progresso do paciente. A Figura 8 apresenta uma visão da duração média e do número de visitas para observar a evolução de um paciente.

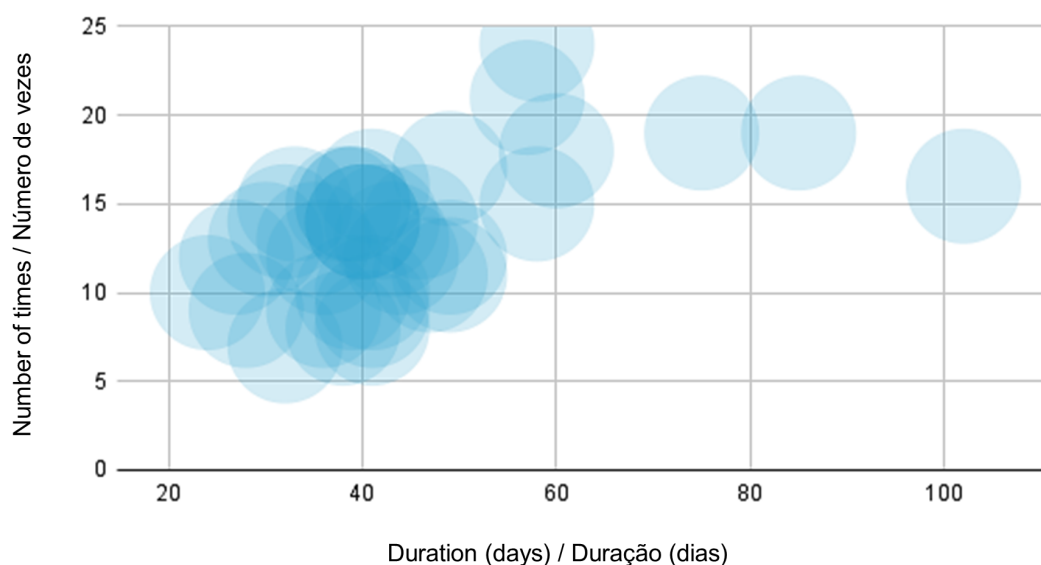
Como mostrado na Figura 8, a maioria das visitas (83%) dura até 5 minutos, que comparado com a terapia convencional, é um período reduzido ou similar. Levando em conta a duração do tratamento para cada paciente, também é possível observar que os fisioterapeutas visitam a página de progresso dos pacientes a cada  $3,41 \pm 0,97$  dias.

Considering the duration of the patient's treatment, the data shown in Figure 9 suggests that there was a relationship between the duration of treatment and the number of visits in the progress page. For treatments with long duration (more than 50 days), the number of visits to the progress page was virtually constant regardless of the duration. For treatments with duration of less than 50 days, the visits are linearly proportional. This pattern suggests that for long term treatments, the frequency of sessions decreases, leading physiotherapists to regularise their visits to the platform in this type of situation. On the other hand, the sessions that lasted the normal

Considerando a duração do tratamento do paciente, os dados mostrados na Figura 9 sugerem que existe uma correlação entre a duração do tratamento e o número de visitas à página de progresso. Para tratamentos com longa duração (mais de 50 dias), o número de visitas à página de progresso é praticamente constante, independentemente da duração. Para tratamentos com duração inferior a 50 dias, as visitas são proporcionalmente lineares. Este padrão sugere que para tratamentos de longo prazo, a frequência das sessões diminui, levando os fisioterapeutas a regularizar as suas visitas à plataforma neste tipo de situação. Por outro lado,



**Figure 8** - Average time spent on a single visit to analyze patient progress.  
**Figura 8** - O tempo médio gasto numa única visita para analisar o progresso do paciente.



**Figure 9** - Comparison of duration of treatment with patient progress analysis  
**Figura 9** - Comparação da duração do tratamento com o análise do progresso do paciente.

period (10–50 days) promote fewer regular visits by the physiotherapists, which always varied between 7 and 17 visits to the progress page.

The main challenge of the telerehabilitation approach using the Clynx® Platform was the lack of real-time follow-up during the session, for which the application of this solution is recommended for patients with enough autonomy. Moreover, considering the real-time feedback provided by the Clynx® Platform, physiotherapists have greater flexibility to fit post-session feedback into their work schedule, ensuring a good quality in the execution of the exercises.

Moreover, this study indicated that the use of the platform allowed the intervention of physiotherapists to remain dynamic and variable, where the analysis and planning of the sessions are the tasks most performed by the physiotherapists. In fact, the high standard deviation presented in the results of averages of time of analysis, planning and patient creation, and the variability of results obtained in the number of times the physiotherapist visits the data of patients with treatments of less than 50 days, showed that the physiotherapy intervention through telerehabilitation was also a differentiated intervention and adjusted to each patient and type of treatment.

#### Telerehabilitation Usability and Sessions

The telerehabilitation sessions had an average duration of  $1.49 \pm 0.52$  months (minimum: 0.8 and maximum: 3.40)\*. Each patient performed an average of  $15.22 \pm 2.90$  sessions (minimum: 10 and maximum: 25) throughout their home-based therapy, and an average weekly frequency of  $2.57 \pm 0.74$  sessions (minimum: 1.03 and maximum: 4.38). Moreover, each session included an average number of  $7.16 \pm 1.4$  clinical exercises (minimum: 4 and maximum: 12). All these factors were equivalent to the conventional in-person physiotherapy treatments.

As depicted in the bar graphic of Figure 10, it is possible to observe that the large majority of patients had an average weekly frequency within two and three sessions per week, i.e. equivalent to the conventional in-person physiotherapy treatments (16-18). Furthermore, there were more patients registering a weekly frequency of sessions above the conventional average (more than three weekly sessions) than below it (less than two weekly sessions), which suggests that

\* In this section, data averages are presented along with their respective standard deviation, minimum and maximum values, for improved contextualization.

as sessões incluídas em tratamento com duração média (entre 10 e 50 dias) promovem visitas não tão regulares pelos fisioterapeutas, que variam sempre entre 7 e 17 visitas à página de progresso.

O principal desafio da abordagem da telereabilitação usando a Plataforma Clynx® foi a falta de acompanhamento em tempo real durante a sessão, pelo que a aplicação desta solução é recomendada para pacientes com autonomia suficiente. Além disso, considerando o feedback em tempo real fornecido pela Plataforma Clynx®, o fisioterapeuta tem maior flexibilidade para alocar a providência de feedback pós-sessão na sua agenda de trabalho, garantindo uma boa qualidade na execução dos exercícios.

Além disso, este estudo evidencia que a Plataforma Clynx® permitiu que a intervenção dos fisioterapeutas permanecesse dinâmica e variável, onde as tarefas de análise e planeamento das sessões são as mais realizadas pelos mesmos. De facto, o alto desvio padrão apresentado nos resultados das médias de tempo de análise, planeamento e criação do paciente, e a variabilidade dos resultados obtidos no número de vezes que o fisioterapeuta visita os dados dos pacientes com tratamentos de menos de 50 dias, mostram que a intervenção em fisioterapia através da telereabilitação também é uma intervenção diferenciada e ajustada a cada paciente e tipo de tratamento.

#### Usabilidade da Telereabilitação e Sessões

As sessões de telereabilitação tiveram uma duração média de  $1,49 \pm 0,52$  meses (mínimo: 0,8 e máximo: 3,40)\*. Cada paciente realizou em média  $15,22 \pm 2,90$  sessões (mínimo: 10 e máximo: 25) ao longo da sua terapia domiciliar, com uma frequência semanal média de  $2,57 \pm 0,74$  sessões (mínimo: 1,03 e máximo: 4,38). Além disso, cada sessão incluiu um número médio de  $7,16 \pm 1,4$  exercícios clínicos (mínimo: 4 e máximo: 12). Todos estes fatores são equivalentes aos da fisioterapia convencional presencial.

Como mostrado no gráfico de barras da Figura 10, é possível observar que a grande maioria dos pacientes teve uma frequência semanal média entre duas e três sessões por semana, ou seja, equivalente aos tratamentos convencionais de fisioterapia presencial (16-18). Além disso, houve mais pacientes a registar uma frequência semanal de sessões acima da média convencional (mais de três sessões semanais) do que abaixo da mesma (menos de duas sessões semanais),

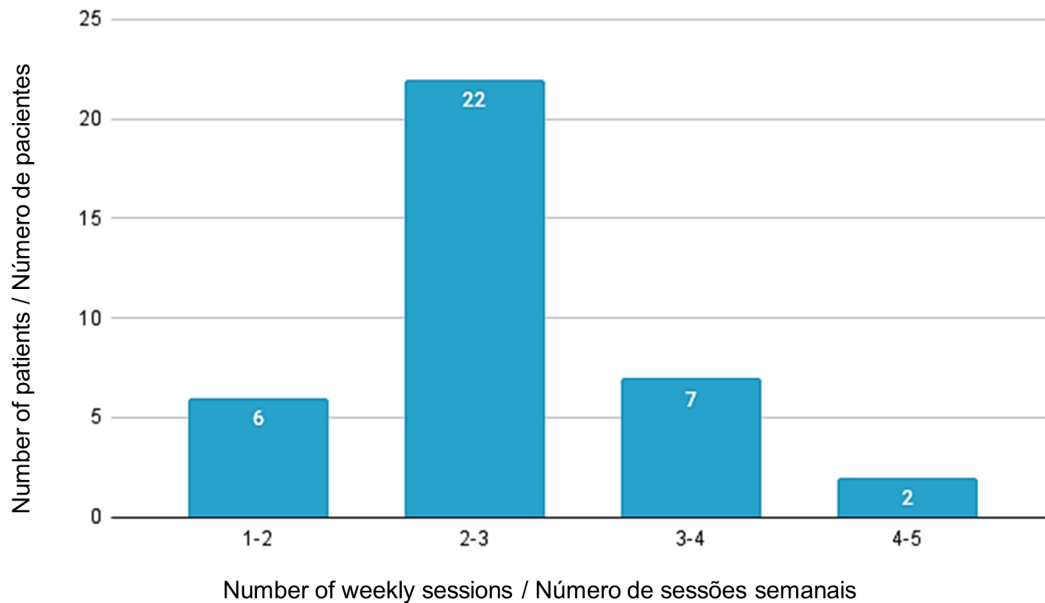
\* Nesta secção, as médias dos dados são apresentadas juntamente com o respetivo desvio padrão, valores mínimos e máximos, para uma melhor contextualização.

the Clynx® Platform is effective in promoting that the patients become more active on their health journey, through more autonomy and a better exercise rate.

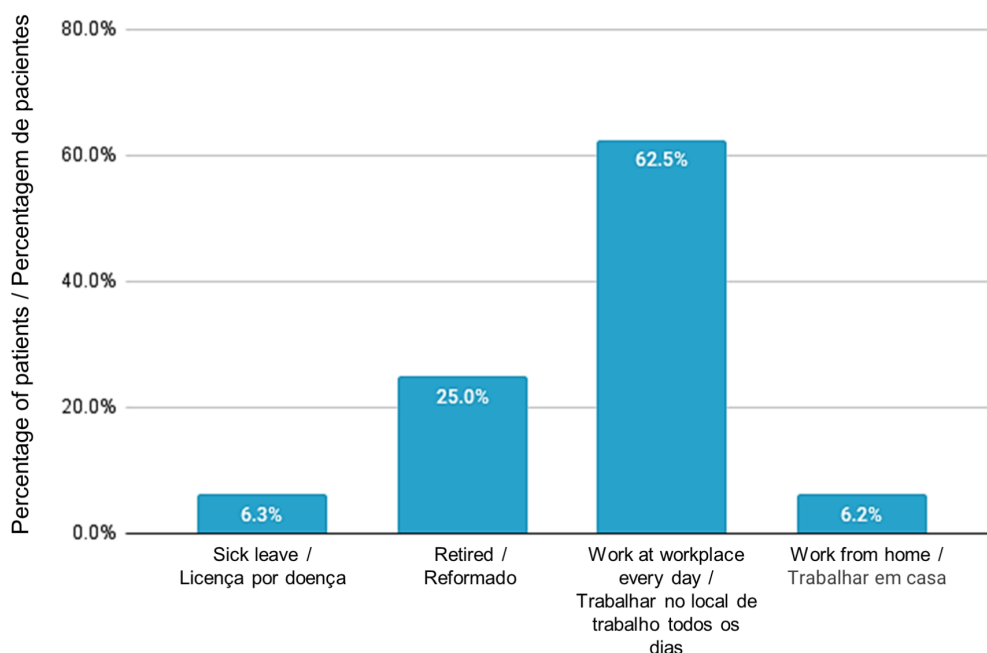
o que sugere que a Plataforma Clynx® é eficaz em promover que os pacientes se tornem mais ativos na sua jornada de saúde, através de mais autonomia e uma prática de exercício mais frequente.

The analysis on the platform use revealed that 36.85% ± 28.83% of the sessions (minimum: 0% and maximum: 88.2%) were done on weekends and after hours.

A análise sobre o uso da plataforma revelou que 36,85% ± 28,83% das sessões (mínimo: 0% e máximo: 88,2%) foram realizadas nos fins de semana e fora do horário de expediente.



**Figure 10** - Average number of weekly sessions per patient.  
**Figura 10** - O número médio de sessões semanais por paciente.



**Figure 11** - Distribution of the Patients according to their current professional status.  
**Figura 11** - Distribuição dos Pacientes de acordo com o seu estatuto profissional atual.

In fact, as shown in Figure 11, most of the patients reconciled their treatments with an active professional activity, the reason for which the schedule flexibility was revealed to be useful. These findings were confirmed in the Final Form of optional feedback, in which all participants that were professionally active reported that the "flexibility to choose my schedule" was the greatest advantage of the telerehabilitation. Furthermore, some patients also reported the advantage of "not needing to be absent from work". The Pearson coefficient revealed a correlation of -23.22% between the age of the patient and the use of the platform during weekends and after hours. This inverse correlation showed that the use of sessions on weekends and after hours was more prevalent amongst younger patients, which points to the same suggestion that the approach is supportive to patients that need to reconcile their recovery with an active professional life. Concerning the patients that reported to be retired, they agreed on the convenience of not needing to leave their house and commute to the hospital. For the patients, this type of implementation allows sessions to be held at a location of their choice and at times of their choice.

#### Socio-Economic and Environmental Impact

In the conventional practice, physiotherapy sessions occur within hospitals or rehabilitation clinics, where patients are under the guidance of physiotherapists who assist them in performing prescribed exercises tailored to promote their recovery from specific health conditions. This approach requires that physiotherapists dedicate their time to direct patient care, as well as pre-session planning and on-session analysis.

Telerehabilitation in physiotherapy uses technology to remotely assist individuals with mobility challenges, increasing accessibility (19, 20). However, it is important to note that telerehabilitation may not be suitable for patients with acute medical conditions that may restrict or contraindicate exercise, bedridden patients, those experiencing acute joint pain, or individuals requiring exercise assistance.

Despite not being physically present during real-time physical therapy sessions, physiotherapists actively engage in pre-session planning and post-session analysis within this telerehabilitation framework.

De facto, como mostra a Figura 11, a maioria dos pacientes conciliava os seus tratamentos com uma atividade profissional ativa, razão pela qual a flexibilidade de horário se revelou útil. Estas constatações foram confirmadas no Formulário Final de feedback facultativo, no qual todos os participantes que são profissionalmente activos referiram que a "flexibilidade de escolher o meu horário" era a maior vantagem da telereabilitação. Para além disso, alguns doentes também referem a vantagem de "não precisar de faltar ao trabalho". O coeficiente de Pearson revelou uma correlação de -23,22% entre a idade do doente e a utilização da plataforma durante os fins-de-semana e fora de horas. Esta correlação inversa mostra que a utilização das sessões ao fim de semana e em horário pós-laboral é mais prevalente entre os doentes mais jovens, o que aponta para a mesma sugestão de que a abordagem é favorável aos pacientes que necessitam de conciliar a sua recuperação com uma vida profissional ativa. Quanto aos pacientes que relataram ser aposentados, eles concordaram com a comodidade de não precisar sair de casa e se deslocar até o hospital. Para os pacientes, este tipo de implementação permite que as sessões sejam realizadas num local e num horário à sua escolha.

#### Impacto Socioeconómico e Ambiental

Na prática convencional, as sessões de fisioterapia ocorrem em hospitais ou clínicas de reabilitação, onde os pacientes estão sob a orientação de fisioterapeutas que os auxiliam na realização de exercícios prescritos como medida para promover a sua recuperação de condições de saúde específicas. Esta abordagem requer que os fisioterapeutas dediquem o seu tempo ao atendimento direto ao paciente, bem como ao planeamento pré-sessão e à análise durante a sessão.

A telereabilitação em fisioterapia utiliza tecnologia para auxiliar de forma remota indivíduos com dificuldades de mobilidade, melhorando a acessibilidade (19, 20).

No entanto, é importante notar que a telereabilitação pode não ser adequada para pacientes com condições médicas agudas que podem restringir ou contraindicar o exercício, pacientes acamados, aqueles que experimentam dor articular aguda ou indivíduos que requerem assistência para o exercício.

Apesar de não estarem fisicamente presentes durante as sessões de fisioterapia em tempo real, os fisioterapeutas envolvem-se ativamente no planeamento pré-sessão e na análise pós-sessão dentro deste quadro de telereabilitação.



Based on feedback from the physiotherapy team, it has been consistently observed that, in in-person sessions, health professionals dedicate approximately 45 minutes to direct patient care, which includes on- session analysis, for each of the five patients with less acute conditions. Over the course of 15 treatment sessions, the total time spent on patient care accumulates to 135 minutes.

Our findings reveal that with the utilization of telerehabilitation, physiotherapists dedicate an average of  $61.16 \pm 48.21$  minutes (i.e., 54.70% of the total conventional time of 135 minutes) to assessing patient progress during a treatment plan. These findings are depicted in Figure 12. Despite not being physically present during these treatment sessions, physiotherapists utilising the Clynx® Platform analyse patient progress after each session, akin to the progress analysis conducted during conventional physiotherapy sessions with direct patient care.

As a result, the utilisation of the Clynx® Platform, when compared to conventional physiotherapy methods, enable physiotherapists to have approximately 45.30% more time to define the work plan for their patients or assist more patients.

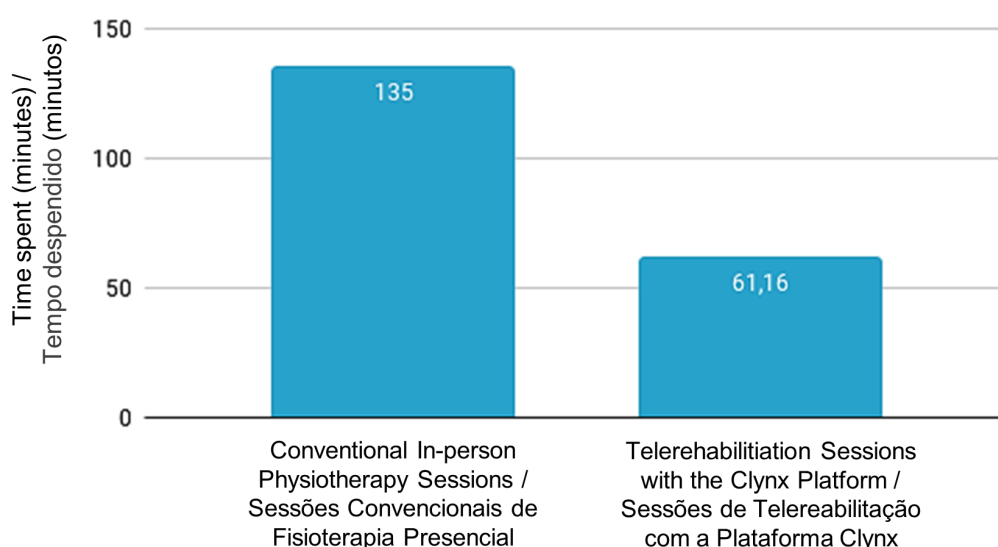
Utilising the Clynx® Platform also offers the physiotherapist a significant advantage in terms of time efficiency when compared to in-person sessions. In a traditional setting, if a patient misses an in-person treatment, the physiotherapist's time is often underutilized, as they can only perform other tasks instead of seeing another patient. However, with the Clynx® Platform, the physiotherapist can

Com base no feedback da equipa de fisioterapia, foi observado consistentemente que, nas sessões convencionais e presenciais, os profissionais de saúde dedicam aproximadamente 45 minutos ao atendimento direto ao paciente, a cinco pacientes em simultâneo. Ao longo de 15 sessões de tratamento, o tempo total gasto no atendimento ao paciente acumula-se em 135 minutos.

Os nossos resultados revelam que com a utilização da telereabilitação, os fisioterapeutas dedicam em média  $61.16 \pm 48.21$  minutos (ou seja, 54.70% do tempo total convencional de 135 minutos) para avaliar o progresso do paciente durante um plano de tratamento. Estes resultados são mostrados na Figura 12. Apesar de não estarem fisicamente presentes durante as sessões de tratamento, os fisioterapeutas que utilizam a Plataforma Clynx®, analisam o progresso do paciente após cada sessão, semelhante à análise de progresso realizada durante as sessões convencionais de fisioterapia com atendimento direto ao paciente.

Como resultado, a utilização da Plataforma Clynx®, quando comparada aos métodos convencionais de fisioterapia, permite que os fisioterapeutas tenham aproximadamente 45.30% mais tempo para definir o plano de tratamento para os seus pacientes ou assistir mais pacientes.

A utilização da Plataforma Clynx® também oferece ao fisioterapeuta uma vantagem significativa em termos de eficiência de tempo quando comparada às sessões presenciais. Num ambiente tradicional, se um paciente falta a um tratamento presencial, o tempo do fisioterapeuta é frequentemente subutilizado,



**Figure 12** - Distribution of time spent by physiotherapists in treatment plan analysis for less acute patients.

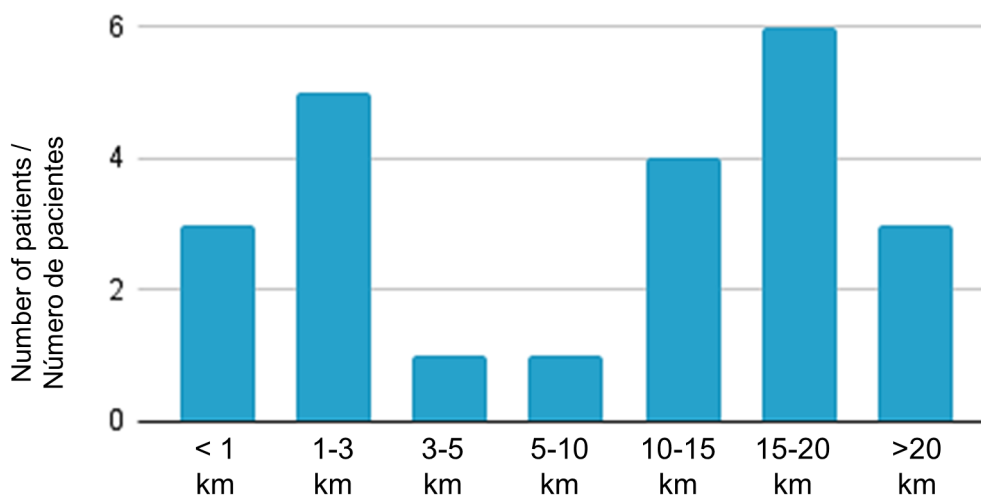
**Figura 12** - Distribuição do tempo despendido pelos fisioterapeutas na análise do plano de tratamento dos pacientes menos agudos.

simultaneously work with multiple patients, ensuring optimal time utilisation. This flexibility gives the therapist more time to review therapeutic plans, provide motivation, and attend to other patients on the platform. This increased productivity and effectiveness not only benefits the patients by optimising their care, but also benefits the healthcare provider and hospital management by maximising resource allocation and overall operational efficiency. By enabling time savings, the Clynx® Platform empowers physiotherapists to deliver care to multiple patients simultaneously, allowing them to redirect their efforts towards individuals with more severe conditions that necessitate conventional therapy. This includes patients who are bedridden, experiencing acute joint pain, or in need of exercise assistance. Consequently, this serves as compelling evidence of the economic benefits that telerehabilitation brings to healthcare institutions.

An environmental study was conducted to assess the travel savings in terms of distance and carbon oxides emissions achieved by patients who opted for telerehabilitation instead of attending in-person physiotherapy sessions at hospitals or clinics using the Clynx® Platform. While the patients had the option to share their travel data, which is illustrated in Figure 13, an average estimation was made for the distance travelled and carbon oxides emissions per in-person session. This estimation was then extrapolated for the 37 patients included in the study.

pois só pode realizar outras tarefas em vez de atender outro paciente. No entanto, com a Plataforma Clynx®, o fisioterapeuta pode trabalhar simultaneamente com vários pacientes, garantindo a utilização ideal do tempo. A flexibilidade dá ao terapeuta mais tempo para rever planos terapêuticos, fornecer motivação e atender outros pacientes na plataforma. O aumento de produtividade e eficácia beneficia não apenas os pacientes, otimizando os seus cuidados, mas também o hospital/clínica e a gestão hospitalar, maximizando a alocação de recursos e a eficiência operacional geral. Ao permitir a poupança de tempo, a Plataforma Clynx® capacita os fisioterapeutas a prestar cuidados a vários pacientes simultaneamente, permitindo que eles redirecionem seus esforços para indivíduos com condições mais graves que necessitam de terapia convencional. Isso inclui pacientes que estão acamados, com dor articular aguda ou com necessidade de assistência para o exercício. Consequentemente, constitui-se uma evidência convincente dos benefícios económicos que a telereabilitação traz para as instituições de saúde.

Um estudo ambiental foi realizado para avaliar a poupança relacionada com a viagem para o hospital em termos de distância e emissões de óxidos de carbono alcançadas pelos pacientes que optaram pela telerreabilitação em vez de frequentar sessões presenciais de fisioterapia em hospitais ou clínicas. Partindo dos dados partilhados pelos pacientes, ilustrados na Figura 13, foi feita uma estimativa média para a distância percorrida e as emissões de óxidos de carbono por sessão presencial.



**Figure 13** - Distribution of patients based on the distance between their homes and the hospital or clinic.  
**Figura 13** - Distribuição dos pacientes com base na distância entre as suas casas e o hospital ou clínica.

**Table 1** - Estimation of travel savings using telerehabilitation rather than in-person sessions for study participants.

**Tabela 1** - Estimativa da poupança de deslocações utilizando a telereabilitação em vez de sessões presenciais para os participantes no estudo.

	Estimation of kilometres savings / Estimativa da poupança de quilómetros	Estimation of carbon oxides emissions savings / Estimativa da poupança de emissões de óxidos de carbono
Average per in-person session / Média por sessão presencial	22.0 km	2.4 kg
Total	12,210.0 km	1307.7 kg

If these 37 patients were to switch to telerehabilitation, the potential total travel distance saved would be 12,210.0 kilometres. This reduction in travel would result in a significant decrease in carbon oxides emissions, estimated to be more than 1.3 tons. The findings and conclusions derived from the collected data can be found in Table 1.

This study underscores the significant positive environmental impact of telerehabilitation, a pivotal contributor to advancing sustainability in healthcare. By actively reducing carbon emissions, telerehabilitation plays a vital role in climate action. Specifically, it substantially curtails the need for patients to travel to physical healthcare facilities, resulting in a remarkable reduction in transportation-related carbon emissions. In this study alone, telerehabilitation saved 1,307.7 kilograms of carbon oxide emissions, positively impacting our environment.

## Conclusions

Telerehabilitation emerges as a promising solution with far-reaching potential to address clinical, social, economic, and environmental challenges in the field of physiotherapy. Patients appreciate the flexibility it offers, enabling them to seamlessly integrate physiotherapy into their busy lives without sacrificing their professional commitments. For physiotherapists, it presents an opportunity for more efficient time management and reallocation of resources, potentially reducing waiting lists in public hospitals and improving patient care. From an environmental perspective, telerehabilitation contributes to sustainability by decreasing patient flow in hospitals and clinics, reducing travel distances, and lowering carbon emissions. This positive impact on the

Se estes 37 doentes mudassem para a telereabilitação, a distância total potencial de viagem poupada seria de 12.210,0 quilómetros. Esta redução em viagens resultaria numa diminuição significativa nas emissões de óxidos de carbono, estimada em mais de 1,3 toneladas. As conclusões derivadas dos dados recolhidos podem ser encontradas na Tabela 1.

Este estudo destaca o significativo impacto ambiental positivo da telereabilitação, fundamental para o avanço da sustentabilidade na saúde. Ao reduzir ativamente as emissões de carbono, a telereabilitação desempenha um papel vital na ação climática. Especificamente, reduz substancialmente a necessidade de os pacientes viajarem para instalações físicas de saúde, resultando numa redução nas emissões de carbono relacionadas ao transporte. Neste estudo, a telereabilitação economizou 1 307,7 quilogramas de emissões de óxido de carbono, com um impacto positivo no nosso ambiente.

## Conclusões

A telereabilitação surge como uma solução promissora com potencial para enfrentar desafios clínicos, sociais, económicos e ambientais no campo da fisioterapia, a longo prazo. Os pacientes apreciam a flexibilidade que ela oferece, permitindo que eles integrem facilmente a fisioterapia em suas vidas ocupadas sem sacrificar seus compromissos profissionais. Para os fisioterapeutas, ela apresenta uma oportunidade para gerenciamento de tempo mais eficiente e realocação de recursos, potencialmente reduzindo as listas de espera em hospitais públicos e melhorando o atendimento ao paciente. Do ponto de vista ambiental, a telereabilitação contribui para a sustentabilidade, diminuindo o fluxo de pacientes em hospitais

healthcare system's carbon footprint is a significant step toward a greener, more environmentally responsible healthcare delivery system.

However, it is essential to acknowledge that the adoption of telerehabilitation tools comes with a learning curve. The technology is still relatively new, and there may be challenges related to software installation, setup, and adaptation, especially for healthcare providers and users who are less familiar with technological processes. Overcoming these challenges will require dedication in terms of time and effort to ensure a smooth transition and effective utilization of these valuable tools. As we continue to refine and integrate telehealth into physiotherapy practice, its potential to address these complex issues remains a beacon of hope for the future of healthcare.

The study has limitations worth noting. Firstly, the sample size was relatively small, focusing solely on patients undergoing shoulder pain treatment. There is also the need for more comprehensive socioeconomic and environmental analyses, including additional key performance indicators for managing rehabilitation services in hospitals. Moreover, future research should delve into the electronic device footprint and explore the clinical impact of these findings, thereby providing a more holistic understanding of telerehabilitation's efficacy and potential implications.

### **Authors Contributions Statement**

Conceptualization, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; methodology, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; software, G.D., G.C.; validation, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; formal analysis, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; investigation, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; resources, M.L.A., P.C., G.C. and J.F.P.; data curation, G.D., G.C. and J.F.P.; writing---original draft preparation, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; writing---review and editing, M.L.A., P.C. and H.P.S.; visualization, I.E.L., G.D., G.C. and J.F.P.; supervision, M.L.A., H.P.S. and J.F.P.; project administration, M.L.A. and J.F.P..

e clínicas, reduzindo as distâncias percorridas e diminuindo as emissões de carbono. Esse impacto positivo na pegada de carbono do sistema de saúde é um passo significativo em direção a um sistema de entrega de assistência médica mais verde e responsável ambientalmente.

No entanto, é essencial reconhecer que a adoção de ferramentas de telereabilitação vem com uma curva de aprendizado. A tecnologia ainda é relativamente nova e pode haver desafios relacionados à instalação, configuração e adaptação do software, especialmente para profissionais de saúde e usuários menos familiarizados com processos tecnológicos. Superar esses desafios exigirá dedicação em termos de tempo e esforço para garantir uma transição suave e utilização efetiva dessas valiosas ferramentas. À medida que continuamos a refinar e integrar a telemedicina na prática da fisioterapia, seu potencial para abordar essas questões complexas permanece como um farol de esperança para o futuro da saúde.

O estudo apresenta várias limitações que valem ser destacadas. Primeiramente, o tamanho da amostra foi relativamente pequeno, focando exclusivamente em pacientes em tratamento de dor no ombro. Por outro lado, é necessária a necessidade de análises socioeconômicas e ambientais mais abrangentes, incluindo indicadores adicionais de desempenho de gestão de serviços de medicina de reabilitação em hospitais. Além disso, pesquisas futuras devem explorar a pegada ecológica de dispositivos eletrônicos e investigar o impacto clínico das conclusões do estudo, proporcionando assim uma compreensão mais holística da eficácia e implicações potenciais da telereabilitação.

### **Declaração sobre as contribuições do autor**

Conceptualização, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; metodologia, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; software, G.D., G.C.; validação, I.R., G.D., G.C. e J.F.P.; análise formal, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; investigação, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; recursos, M.L.A., P.C., G.C. e J.F.P.; curadoria de dados, G.D., G.C. e J.F.P.; escrita - preparação do rascunho original, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; escrita - revisão e edição, M.L.A., P.C. e H.P.S.; visualização, I.E.L., G.D., G.C. e J.F.P.; supervisão, M.L.A., H.P.S. e J.F.P.; administração do projeto, M.L.A. e J.F.P..

## **Funding**

This study received no external funding.

## **Acknowledgements**

The authors would like to thank the President of the Board of Directors of Unidade Local de Saúde do Oeste, Dra Elsa Baião, for the technological initiative, encouragement, and support, and to the Director of the Rehabilitation Service, Dra Susana Caetano, for her acceptance and availability in the deployment of the study.

## **Conflict of Interests**

The authors declare that Irina E. Lopes, Gil Dias, Gonçalo Chambel, and Joana F. Pinto are employed by Clynx®io, Lda..

## **Financiamento**

Este trabalho não recebeu financiamento externo.

## **Agradecimentos**

Os autores gostariam de agradecer à Presidente do Conselho de Administração do Unidade Local de Saúde do Oeste, Dra Elsa Baião, pela iniciativa tecnológica, incentivo e apoio, e à Diretora do Serviço de Reabilitação, Dra Susana Caetano, pela sua aceitação e disponibilidade na implementação do estudo.

## **Conflito de Interesses**

Os autores declaram que Irina E. Lopes, Gil Dias, Gonçalo Chambel e Joana F. Pinto são empregados da Clynx®io, Lda..

## References / Referências

1. Dupuis, F., Déry, J., Lucas de Oliveira, F. C., Pecora, A. T., Gagnon, R., Harding, K., . . . Perreault, K. (2022). Strategies to reduce waiting times in outpatient rehabilitation services for adults with physical disabilities: A systematic literature review. *Journal of Health Services Research & Policy, 27*(2), 157-167. doi:10.1177/13558196211065707
2. Deslauriers, S., Déry, J., Proulx, K., Laliberté, M., Desmeules, F., Feldman, D. E., & Perreault, K. (2021). Effects of waiting for outpatient physiotherapy services in persons with musculoskeletal disorders: a systematic review. *Disability and Rehabilitation, 43*(5). doi:10.1080/09638288.2019.1639222
3. Deslauriers, S., Raymond, M.-H., Laliberté, M., Lavoie, A., Desmeules, F., Feldman, D., & Perreault, K. (2016, October). Access to publicly funded outpatient physiotherapy services in Quebec: waiting lists and management strategies. *Disability and Rehabilitation, 39*, 1-9. doi:10.1080/09638288.2016.1238967
4. Buabbas, A. J., Albahrouh, S. E., Alrowayeh, H. N., & Alshawaf, H. (2022). Telerehabilitation during the COVID-19 Pandemic: Patients and Physical Therapists' Experiences. *Medical Principles and Practice, 31*(2), 156-164. doi:10.1159/000523775
5. Albahrouh, S. I., & Buabbas, A. J. (2021, April 8). Physiotherapists' perceptions of and willingness to use telerehabilitation in Kuwait during the COVID-19 pandemic. *BMC Medical Informatics and Decision Making, 122*(21), 122. doi:10.1186/s12911-021-01478-x
6. Seid, A. A., Aychiluhm, S. B., & Mohammed, A. A. (2022). Effectiveness and feasibility of telerehabilitation in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *BMJ open, 12*(10), e063961. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-063961>
7. Werneke, M. W., Deutscher, D., Grigsby, D., Tucker, C. A., Mioduski, J. E., & Hayes, D. (2021). Telerehabilitation During the COVID-19 Pandemic in Outpatient Rehabilitation Settings: A Descriptive Study. *Physical therapy, 101*(7), pzab110. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab110>
8. Mani, S., Sharma, S., & Singh, D. K. (2021). Concurrent validity and reliability of telerehabilitation-based physiotherapy assessment of cervical spine in adults with non-specific neck pain. *Journal of Telemedicine and Telecare, 27*(2), 88-97. doi:10.1177/1357633X19861802
9. van Egmond, M. A., van der Schaaf, M., Vredevelde, T., Vollenbroek-Hutten, M. M., van Berge Henegouwen, M. I., Klinkenbijn, J. H., & Engelbert, R. H. (2018). Effectiveness of physiotherapy with telerehabilitation in surgical patients: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy, 104*(3), 277-298. doi:10.1016/j.physio.2018.04.004
10. Caniça, V., Bouça-Machado, R., & Ferreira, J. J. (2021, October). Feasibility and safety of telerehabilitation for physiotherapy interventions in movement disorders patients. *Movement Disorders Clinical Practice, 8*(7), 1144-1147. doi:10.1002/mdc3.13271
11. Bennel, K. L., Lawford, B. J., Metcalf, B., Mackenzie, D., Russel, T., van den Berg, M., . . . Hinman, R. S. (2021). Physiotherapists and patients report positive experiences overall with telehealth during the COVID-19 pandemic: a mixed-methods study. *Journal of Physiotherapy, 67*(3), 201-209. doi:10.1016/j.jphys.2021.06.009
12. Dias, G., Adrião, M. L., Clemente, P., Plácido da Silva, H., Chambel, G., & Pinto, J. F. (2022). Effectiveness of a Gamified and Home-Based Approach for Upper-limb Rehabilitation. 2022 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC), (pp. 2602-2605).
13. World Confederation for Physical Therapy. (2020). Report of the WCPT/INPTRA Digital Physical Therapy Practice Task Force.
14. Lopes, I. E., Silva, D. C., Montes, A. M., Pereira, D., Castro, C., Couto, A. G., . . . Silva, H. P. (2024). Digital Physiotherapy: From Solutions to Practice. In R. S. Almeida, V. Simões-Silva, & M. J. Trigueiro, *Handbook of Research on Advances in Digital Technologies to Promote Rehabilitation and Community Participation* (pp. 48-76). IGI Global.
15. Borg, G. (1998). Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Human Kinetics Publishers.
16. Willmore, E. G., Millar, N. L., & van der Windt, D. (2022). Post-surgical physiotherapy in frozen shoulder: A review. *Shoulder & Elbow, 14*(4), 438-451. doi:10.1177/1758573220965870
17. Mo, N., Feng, J. Y., Liu, H. X., Chen, X. Y., Zhang, H., & Zeng, H. (2023). Effects of Exergaming on Musculoskeletal Pain in Older Adults: Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR serious games, 11*, e42944. <https://doi.org/10.2196/42944>
18. Friedrich, M., Gittler, G., Arendasy, M., & Friedrich, K. M. (2005). Long-term effect of a combined exercise and motivational program on the level of disability of patients with chronic low back pain. *Spine, 30*(9), 995-1000. doi:10.1097/01.brs.0000160844.71551.af
19. Alexander, M. (2021). *Telerehabilitation: Principles and Practice*. Elsevier Health Sciences. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=u3dREAAAQBAJ>
20. Institute of Medicine (USA) Committee on Evaluating Clinical Applications of Telemedicine. (1996). *Telemedicine: A Guide to Assessing Telecommunications in Health Care*. (M. J. Field, Ed.) Washington (DC), United States of America: National Academies Press. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK45440/>

## Appendix / Apêndice

### *Onboarding Form: Feedback on the Session using Clynx® Platform*

We hope that this product to support Physiotherapy and Telerehabilitation is useful to you. It is essential to answer this brief questionnaire so that the follow-up is the best possible and so that your Physiotherapist can adjust your training plan whenever it is appropriate.

#### 1. E-mail or Identifier Code

#### 2. How far do you live from the Hospital Unit?

- a. Less than 1 km
- b. 1 to 3 km
- c. 3 to 5 km
- d. 5 to 10 km
- e. 10 to 15 km
- f. 15 to 20 km
- g. More than 20 km

#### 3. How do you usually get to the Hospital?

- a. Own vehicle
- b. Family/friends/taxi
- c. Public transport
- d. Hospital transport
- e. Other:

#### 4. How long did it take to install Clynx® Platform on your computer?

- a. Less than 5 minutes
- b. 5 to 10 minutes
- c. 10 to 15 minutes
- d. 15 to 20 minutes
- e. 20 to 30 minutes
- f. Other:

### *Formulário de Onboarding: Feedback das Sessões com a Clynx® Platform*

Esperamos que este produto de auxílio à Fisioterapia e Telereabilitação seja útil. É essencial preencher este breve questionário para providenciarmos o melhor seguimento possível e para que o seu Fisioterapeuta possa ajustar o seu plano de tratamento quando apropriado.

#### 1. E-mail ou Código de Identificação

#### 2. Quão longe mora da Unidade Hospitalar?

- a. Menos de 1 km
- b. 1 a 3 km
- c. 3 a 5 km
- d. 5 a 10 km
- e. 10 a 15 km
- f. 15 a 20 km
- g. Mais de 20 km

#### 3. Como se costuma deslocar ao Hospital?

- a. Veículo próprio
- b. Família/amigos/táxi
- c. Transportes públicos
- d. Hospital transporte do hospital
- e. Outro:

#### 4. Quanto tempo demorou a instalação da Plataforma Clynx® no seu computador?

- a. Menos de 5 minutos
- b. 5 a 10 minutos
- c. 10 a 15 minutos
- d. 15 a 20 minutos
- e. 20 a 30 minutos
- f. Outro: