

Designação do projeto | Sono ao Volante 2.0 - Sistema de informação para a previsão do sono ao volante e a deteção de distúrbio ou privação crónica do sono

Código do projeto | NORTE-01-0247-FEDER-039720

Objetivo principal | Reforçar a investigação, o desenvolvimento tecnológico e a inovação

Região de intervenção | NORTE

Entidade beneficiária | OPTIMIZER – Serviços e Consultoria Informática Lda
ISCCI- INSTITUTO DO SONO, CENTRO CLÍNICO E INVESTIGAÇÃO, LDA
INSTITUTO POLITÉCNICO DO CÁVADO E DO AVE
UNIVERSIDADE DO PORTO

Data de aprovação | 21-05-2019

Data de início | 01-10-2019

Data de conclusão | 30-09-2022

Custo total elegível | 944.309,64 EUROS

Apoio financeiro da União Europeia | 695.854,78 EUROS

Síntese

Numa sociedade cada vez mais desenvolvida e competitiva, assiste-se a um aumento da restrição de sono por parte da população em geral, com efeitos negativos e riscos a vários níveis. Uma das áreas onde esta situação se verifica cada vez mais grave é nos transportes, com destaque para o rodoviário, onde a sonolência representa uma das causas mais comuns para acidentes de viação mortais. Assim, têm vindo a ser investigadas e desenvolvidas soluções para deteção do “sono ao volante” mas que não têm conseguido dar uma resposta satisfatória ao problema. Estas soluções abordam o problema pela deteção do sono.

No sentido de dar resposta ao problema apresentado de “sono ao volante”, é necessário substituir o sistema de deteção de sono por um sistema de previsão de sono e integrar um sistema de deteção de distúrbio ou privação crónica do sono, criando um sistema que integra algoritmos inteligentes de deteção de distúrbios do sono, previsão do estado de sonolência e classificação do ritmo circadiano de cada indivíduo. Esta abordagem encerra uma mudança completa de paradigma: substituir os sistemas de segurança reativos por um sistema de segurança preventivo. No âmbito do presente projeto ainda se incluem os conceitos de baixo-custo, utilização por rotina e utilização não intrusiva no quotidiano dos indivíduos. Desta forma, a operacionalização deste sistema será através do uso de dados biométricos do utilizador recolhidos através de um dispositivo mobile/wearable (mais concretamente um dispositivo de pulso) usado em permanência.

Concluindo, na sequência de trabalhos prévios/preliminares, nasce o projeto “Sono ao Volante 2.0” que tem como objetivo principal o desenvolvimento de um primeiro protótipo de um sistema de informação integrado não intrusivo e de baixo-custo que permita a previsão do sono ao volante e a deteção de distúrbio ou privação crónica do sono tendo em vista um avanço científico e tecnológico na resolução do problema do “sono ao volante”.

DESCRIÇÃO DO PROJETO COM IDENTIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E METAS

Este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de um primeiro protótipo de um sistema de informação integrado não intrusivo e de baixo-custo que permita a previsão do sono ao volante e a deteção de distúrbio ou privação crónica do sono tendo em vista um avanço científico e tecnológica na resolução do problema do “sono ao volante”.

Este sistema de informação utilizará, como base, um dispositivo de pulso, que fornecerá informação sobre ritmo cardíaco através de sensores de Fotopletismografia (PPG - do inglês, Photoplethysmogram) e quantidade de oxigénio no sangue (SPO₂), doravante designados por sinais ou dados biométricos, bem como dados sobre o movimento do corpo com base nos valores do acelerómetro e giroscópio, doravante designados por sinais ou dados físicos. Esta informação será utilizada para a deteção de distúrbios do sono e também para a monitorização contínua para a previsão de sono durante a condução.

O sistema de informação decompor-se-á em dois subsistemas principais. O subsistema que permitirá a **previsão do sono ao volante**, que engloba a monitorização contínua de sinais biométricos durante a condução para emissão de alerta quando exista a previsão de que, num curto espaço de tempo, o motorista irá apresentar sinais de sono. O subsistema para a **deteção de distúrbio ou da privação crónica do sono** que tem como missão detetar a possível existência, de distúrbio do sono (em particular a apneia do sono e perturbações do ritmo circadiano) para, de acordo com a lei, remeter para avaliação clínica os motoristas que dela necessitarem, distinguindo da possível privação crónica sobre a qual, quando detetada, será emitida uma notificação ao motorista. Adicionalmente, cada motorista será classificado quanto ao seu ritmo circadiano (através de um instrumento de classificação específico), podendo constituir um fator a incluir no escalonamento dos turnos de trabalho e para o qual serão desenvolvidos algoritmos específicos.

Este sistema integrará, através de um único dispositivo, um conjunto de algoritmos que permite realizar o diagnóstico de distúrbios do sono, a previsão do estado de sonolência e a classificação do ritmo circadiano de cada indivíduo. Esta abordagem constitui claramente um sistema inovador, substituindo os atuais sistemas de segurança reativos por um sistema preventivo.

Esta solução dirige-se principalmente a empresas de transportes, nomeadamente para os seus motoristas profissionais, que são um dos grupos alvo principais para resolver o problema do “sono ao volante”. A utilização do sistema proporcionará, entre outros benefícios:

- Melhoria da qualidade de vida dos motoristas profissionais;
- Melhoria do desempenho dos motoristas profissionais;
- Aumento dos níveis de segurança dos passageiros;
- Diminuição do risco de acidente rodoviário;
- Diminuição dos riscos psicossociais das empresas;

- Diminuição de custos para as empresas envolvidas (transportes e seguradoras).

O alcance do objetivo geral pressupõe a concretização de um conjunto de objetivos específicos (OE), dos quais se destacam:

- OE1) Aprofundar o conhecimento científico e técnico associado ao caso de uso/estudo a investigar e desenvolver, incluindo a sua especificação, o estudo e seleção de tecnologia a utilizar e a definição dos requisitos funcionais e técnicos da solução;
- OE2) Conceber e detalhar a arquitetura funcional e técnica de um sistema de informação (SI) integrado não intrusivo e de baixo custo para a previsão do sono ao volante e deteção de distúrbio ou privação crónica do sono que tenha em consideração os requisitos definidos;
- OE3) Desenvolver os componentes tecnológicos do SI, numa primeira fase os que permitirão recolher os dados necessários para desenvolver os modelos/algoritmos inteligentes que, posteriormente, darão origem a novos componentes que permitirão criar o SI final;
- OE4) Desenvolver e otimizar modelos/algoritmos inteligentes, ajustáveis às características de cada indivíduo, que permitam a) previsão dos estados de sonolência, b) deteção de patologia e avaliação da qualidade do sono e c) classificação dos indivíduos relativamente ao ritmo circadiano;
- OE5) Construir e avaliar em ambiente relevante um protótipo do sistema de informação para a previsão do sono ao volante e deteção de distúrbio ou privação crónica do sono;
- OE6) Divulgar os avanços científicos e técnicos alcançados em pelo menos 2 conferências/congressos e feiras relevantes a nível internacional e pelo menos 1 revista científicas/técnicas com elevado fator de impacto.

De assinalar que este projeto pretende ser um primeiro grande passo do que poderá constituir um sistema de informação futuro mais complexo, envolvendo a aplicação deste sistema de previsão de sono e deteção de distúrbio ou privação crónica do sono noutras áreas profissionais cuja segurança do próprio e/ou terceiros dependa do estado de consciência (vigília) do profissional, como por exemplo operadores de máquinas perigosas e pilotos da aviação.

Conceito e Solução Proposta

Para alcançar a solução proposta será necessário realizar um processo de validação de vários dispositivos de pulso (que possuam a capacidade de fornecer informação sobre HRV e SPO₂, além da informação do acelerómetro e giroscópio) como mecanismos de avaliação e monitorização dos estados do sono, tal como ilustra a Figura 4. Este processo de validação é fundamental para determinar a fiabilidade e credibilidade dos dispositivos e do sistema, bem como comprovar um conjunto de funções que, combinadas, promovem a segurança durante a condução e a qualidade de vida do motorista de uma forma geral, constituindo a base do sistema proposto.

A partir dos mesmos dados serão analisados e desenvolvidos os algoritmos para a classificação dos diferentes estados de consciência do indivíduo (entre estado de vigília e sono profundo passando pelos diversos estados de sono). Estes algoritmos serão utilizados, posteriormente, na previsão de sono durante a condução e na deteção de distúrbios ou privação crónica do sono.

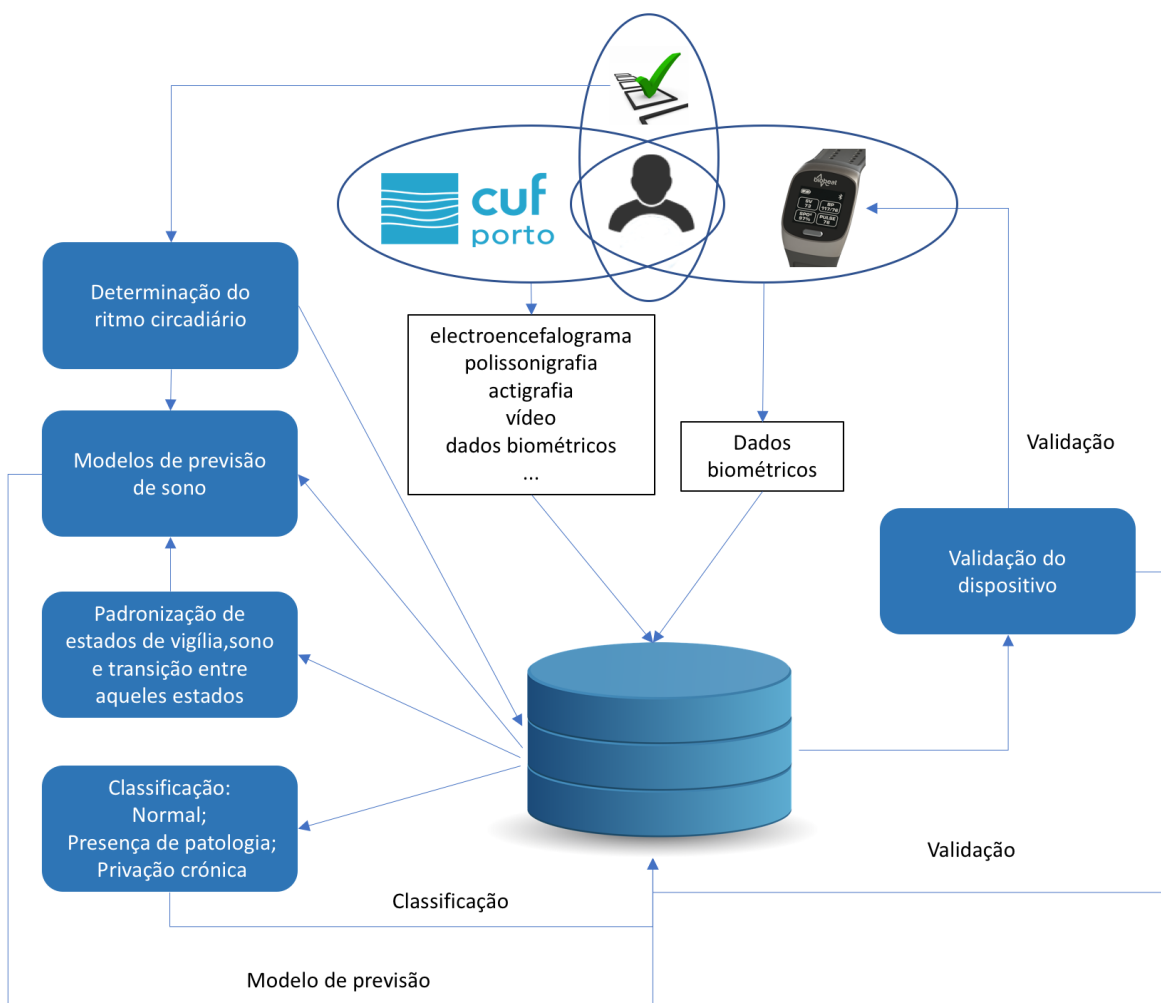


Figura 4. Processo de validação do dispositivo, classificação de patologia, padronização de estados de sono, determinação do ritmo circadiano e definição do modelo de previsão

Para o processo de validação do dispositivo de pulso e padronização de estados de sono, serão recolhidos nas instalações do IS-CCI (Hospital da CUF Porto) dados/informações dos motoristas através da PSG, actigrafia, eletromiografia, eletrocardiografia, electroencefalografia e vídeo, e em simultâneo com a anterior, dados biométricos e físicos do dispositivo de pulso. No processo de validação será determinada a precisão de cada medida fornecida pelo dispositivo por comparação com os dispositivos clínicos. Para o efeito, pretende-se utilizar uma amostra de 50 indivíduos (voluntários), seleccionados entre uma população (400 indivíduos) de motoristas de longo curso, da empresa Transdev, sobre os quais será recolhida a referida informação. A partir do emparelhamento dos dados obtidos pelos dispositivos clínicos com os dados obtidos a partir dos dispositivos de pulso, é objetivo perceber de que forma aqueles dados se correlacionam. Será realizada uma análise exploratória na qual diversos indicadores estatísticos serão observados de forma a compreender os dados, as suas relações e o seu grau de discriminação. Testes de hipótese, análise de componentes principais e análise de cluster's estão entre as técnicas a aplicar. Como resultado deste processo obtém-se o grau de precisão do dispositivo no que concerne aos valores biométricos e físicos que oferece.

A análise dos dados obtidos permitirá também:

- Determinar os padrões correspondentes aos diferentes estados (entre vigília e sono) em função dos dados obtidos a partir do dispositivo de pulso. A partir da mesma amostra e os dados biométricos classificados pelos profissionais de saúde (que classificam os dados com base na informação produzida pelos dispositivos clínicos e essa classificação é atribuída aos dados biométricos considerando o momento temporal da classificação) serão analisados diversos modelos de aprendizagem computacional (SVM, Redes Neurais, entre outras) para a criação de um sistema de classificação automática. Depois de encontrado o modelo, uma nova amostra de 30 indivíduos, sujeita ao mesmo processo, será utilizada para a validação e eventual ajustamento do modelo;
- Determinar o ritmo circadiano de cada indivíduo. Cada elemento da amostra de 50 indivíduos responderá a um questionário específico para determinação do ritmo circadiano. Esta informação será utilizada, também, no modelo de previsão do estado de sonolência.
- Determinar um modelo capaz de prever estado de sonolência a curto prazo (com base nos padrões obtidos). Ainda com recurso à mesma amostra, serão analisados diversos modelos de previsão como por exemplo a análise de regressão mas, de acordo com o tipo de dados em análise e a experiência dos investigadores espera-se que as séries cronológicas venham a produzir melhores resultados;
- Construir um agente inteligente capaz de detetar a possível existência de uma patologia do sono e indicar o grau de confiança com que faz essa deteção. Utilizando o mesmo processo de classificação do estados do sono, serão analisados diversos modelos de aprendizagem computacional para classificar a presença ou ausência de patologia bem como a precisão dessa classificação. Medidas como sensibilidade e especificidade serão utilizadas para determinar o modelo a utilizar. A validação deste modelo será realizada com os dados da amostra de 30 indivíduos já referida.

Concluindo, um sistema não intrusivo e de baixo-custo que integre a deteção de patologias do sono e previsão do sono durante a condução possui um carácter totalmente inovador, que terá um impacto decisivo na segurança e prevenção rodoviária.

Para alcançar o proposto, o projeto tem como base o desenvolvimento de um sistema dotado de i) **mecanismos de previsão de sono ao volante** e ii) **mecanismos de deteção de distúrbio ou privação do sono**. Será um sistema que agrega dois sub-sistemas, ambos inovadores. O primeiro tem como objetivo a monitorização contínua de sinais biométricos, durante a condução, para emissão de alerta quando exista a previsão (os atuais sistemas não fazem previsão, apenas fazem deteção) de que, num curto espaço de tempo, o motorista irá apresentar sinais de sono. O segundo tem como missão detetar a existência ou não de distúrbio ou privação do sono para, de acordo com a lei, remeter para tratamento os motoristas que dele necessitarem e, com isso, impedir o realimento automático do primeiro sistema. Adicionalmente será recolhida informação para determinar o ritmo circadiano de cada motorista, cujo resultado será incluído no segundo contribuindo para o melhor ajustamento do algoritmo de deteção de distúrbio ou privação crónica do sono. Com base na informação do ritmo circadiano será criado um sistema de auxílio ao escalonamento que contribuirá também para minorar o problema do sono com reflexos positivos na qualidade de vida dos motoristas.

Aproveitando os dados recolhidos diariamente, será criado um algoritmo, com capacidade de se ajustar a cada indivíduo, para determinar a qualidade do sono de cada um.

O sistema a desenvolver possuirá diversos componentes que se complementam, tal como esquematizado na Figura 5 que pretende apresentar uma visão de alto nível da arquitetura do sistema de informação futuro idealizado. Como referido, será utilizado um dispositivo de pulso que fornecerá informação sobre ritmo

cardíaco e SPO₂, bem como os dados sobre o movimento do corpo através do acelerómetro e giroscópio. Esta informação será utilizada para a deteção de possíveis distúrbios do sono, estimação da privação crónica do sono e também para a monitorização contínua para previsão de sono ao volante. Adicionalmente o sistema proporcionará a avaliação da qualidade do sono, a determinação do ritmo circadiano e o escalonamento do trabalho em função desse ritmo.

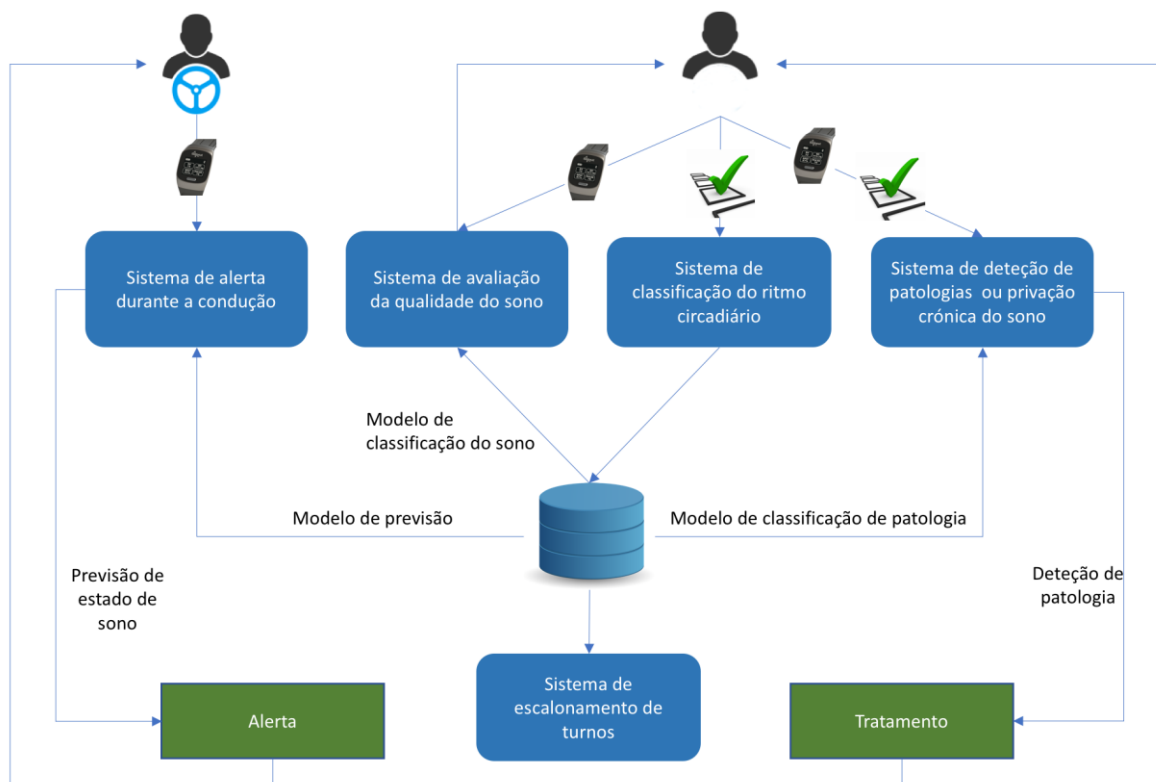


Figura 5. Visão de alto nível da arquitetura do Sono ao Volante 2.0

Nesse sentido, o sistema a desenvolver apresenta 5 componentes principais:

- 1. Sistema de alerta durante a condução:** Durante a condução, os dados biométricos do condutor, recolhidos continuamente através do dispositivo de pulso, são processados em tempo real para, a partir do modelo de previsão entretanto definido, gerar um alerta quando se verificar que o estado de sonolência irá ocorrer.
- 2. Sistema de deteção de patologia ou privação crónica do sono:** Com base no modelo de deteção de patologia do sono definido anteriormente, e na recolha diária de dados biométricos e físicos será possível identificar, com determinada fiabilidade, a possível existência de patologia do sono. Quando esta situação ocorre, o motorista é informado para que proceda em conformidade (tratamento). Além disso o sistema também deve identificar uma dívida do sono (avaliada pela estimação da privação crónica do sono) capaz de perturbar a atividade da condução e emitir um aviso nesse caso.

3. Sistema de avaliação da qualidade do sono: Será determinada a qualidade do sono a partir de um algoritmo que tem como base as características individuais e o dados biométricos e físicos recolhidos durante o sono e o modelo de classificação do sono determinado previamente.

4. Sistema de classificação de ritmo circadiano: O ritmo circadiano de cada indivíduo é determinado a partir das respostas a um questionário específico. Esta informação alimentará um sistema de auxílio ao escalonamento do trabalho dos motoristas. A mesma informação, adicionada à informação obtida através do dispositivo, contribuirá para a geração dos padrões individuais de estados de vigília e sono.

5. Sistema de auxílio ao escalonamento: Além das variáveis que normalmente se consideram no processo de escalonamento dos horários dos trabalhadores, será criado um agente inteligente com base num algoritmo a desenvolver que permite introduzir no processo de escalonamento o ritmo circadiano de cada motorista.

O desenvolvimento de um sistema com estas características exige uma equipa multidisciplinar envolvendo as áreas da saúde, inteligência artificial, modelação matemática, estatística, simulação, engenharia de software, comunicação e segurança dos dados, sem esquecer a participação dos motoristas que são o centro do sistema.

Face ao exposto, salientam-se as principais funções do sistema, nomeadamente:

- Monitorização do sono para deteção de distúrbio ou privação crónica do sono;
- Monitorização contínua do estado de vigília, durante a condução, e alerta quando necessário;
- Classificação do ritmo circadiano de cada indivíduo a partir de um questionário;
- Monitorização diária da qualidade do sono e alerta em função do resultado;
- Análise dos momentos de acordar e dormir para comparar com o ritmo circadiano e emitir alerta quando esses momentos forem, recorrentemente, opostos ao ritmo circadiano;
- Desenvolvimento de um agente inteligente para a elaboração automática de um mapa de distribuição de serviço com base nos ritmos circadianos.

Finalmente, uma última nota sobre a escala do projeto, nomeadamente dos motoristas envolvidos e consequentemente da necessidade de investimento. Neste momento, neste projeto, prevê-se envolver 50 indivíduos (voluntários) numa fase inicial, selecionados entre uma população (400 indivíduos) de motoristas de longo curso, nomeadamente para a validação do dispositivo e o desenvolvimento dos modelos e algoritmos de machine learning, adicionando-se posteriormente uma nova amostra de 30 indivíduos para comparar e otimizar os modelos e algoritmos obtidos. Finalmente, aquando da validação do protótipo, prevê-se envolver novamente entre 50 a 100 motoristas. Deve-se destacar que nesta amostra deverão ser considerados motoristas a quem foi diagnosticada patologia do sono e que efetuaram posterior tratamento que permitiu resolver o problema, por forma a validar que o sistema responde de forma adequada a estes casos.

