

# take A break:

## Um sistema de auxílio à predição e monitoramento, baseado em dados fisiológicos

Elaborado por: Alex Toshio Kakizaki, Jefferson Muniz Rocha e Marcelo Santos Carielo  
Revisado e aprovado por: José Augusto de Lima Prestes



Atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) de dispositivos no segmento de *Health Tech* têm ganhado relevante destaque no cenário da Ciência e Tecnologia, principalmente no cenário atual de pandemia de COVID-19.

O emprego das mais diversas tecnologias com o objetivo de melhorar qualquer aspecto relacionado à saúde é campo que tem cada vez mais interessados, seja por motivos de políticas públicas, interesses econômicos de agentes do setor ou o desejo individual de bem estar. Em muitos dos casos, é relevante a concepção de uma solução centrada no usuário final, com foco no entendimento de necessidades reais - como, por exemplo, a facilidade de uso.

O desenvolvimento de soluções nessa linha é um desafio multidisciplinar, que abrange tanto conhecimentos provenientes das áreas da saúde quanto a utilização de modernas tecnologias atualmente disponíveis, das quais se destacam a Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), ferramentas de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) e aplicações envolvendo Sensores Inteligentes (*Smart Sensors*), normalmente encontrados em dispositivos vestíveis ou de uso comum.

### INTERNET OF THINGS



A *IoT* se consolida na medida que consumidores, indústrias e governos identificam as vantagens de um ambiente conectado, com interações entre objetos físicos e suas representações virtuais.

**Até 2025, estima-se que o impacto da *IoT* no mundo alcance até 11 trilhões de dólares, com grande potencial a ser capturado por economias como a do Brasil.**

BNDES; MCTIC

### CLOUD COMPUTING



O desenvolvimento de soluções em *IoT* conciliando computação em nuvem possibilita alta escalabilidade, eficiência em relação ao uso de recursos sob demanda, além da democratização do uso de tecnologias avançadas.

**Espera-se que o mercado global de computação em nuvem cresça com CAGR de 19,4% até 2024, atingindo cerca de 340,5 bilhões de dólares.**

Market Research Future

### MACHINE LEARNING



Após os avanços ocorridos na última década em *hardware* e *software*, os modelos de *Machine Learning* passaram a ser implementados como parte das soluções tecnológicas.

**O uso da Inteligência Artificial tem potencial de contribuição de 15,7 trilhões de dólares para a economia global até 2030, com aumento superior a 26% do PIB para economias locais.**

PwC Central

### DISPOSITIVOS WEARABLES



Dispositivos vestíveis projetados para coleta de dados referentes à saúde do usuário já são altamente difundidos e estão em desenvolvimento constante devido à alta demanda do mercado.

**Produtos com tecnologia *wearable* tiveram sucesso significativo na última década, com o tamanho do mercado dobrando entre 2014 e 2019, alcançando um total de 70 bilhões de dólares.**

IDETECH Research

## CASO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA PELA FACTI EM PROVA DE CONCEITO

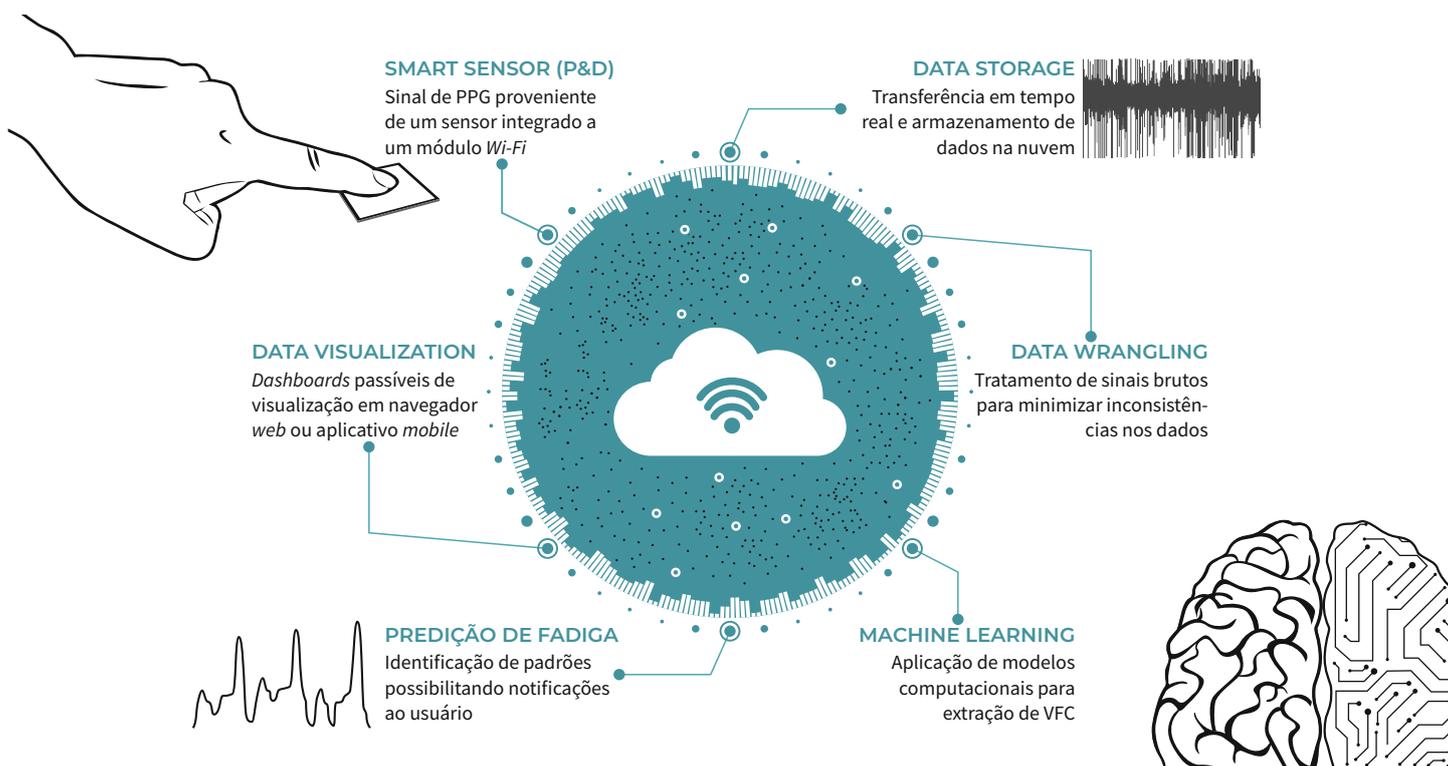
A maioria das doenças crônicas exige dos pacientes a realização de exames periódicos em que fatores de risco são monitorados. A diabetes e a hipertensão, por exemplo, possuem grupos de risco que necessitam do controle constante de informações referentes ao nível de sedentarismo, que pode ter relação com a fadiga cognitiva.

Neste contexto, a Facti, em um esforço interno de PD&I, desenvolveu uma Prova de Conceito (PoC) de solução em *IoT* para a área de saúde, envolvendo *Cloud Computing*.

A solução proposta, na forma de estudo de caso, foi um sistema para auxílio na predição de fadiga cognitiva. As principais etapas deste trabalho foram a P&D e aplicação de *Smart Sensor*; o armazenamento em nuvem; a modelagem preditiva e, por fim, a geração de *dashboards* passíveis de visualiza-

ção em navegador *web* ou aplicativo *mobile*. Todas as etapas foram validadas através de implementações técnico-científicas, sendo que o desenvolvimento de um estudo de caso possibilitou maior proximidade com as problemáticas da área de *Health Tech*.

Na etapa inicial, foram coletados os dados (de forma não invasiva) de um paciente fictício: através de um sensor, os sinais fisiológicos relacionados à frequência cardíaca foram capturados. Em seguida, estes insumos foram enviados para uma base de dados em nuvem da plataforma *IBM® Cloud*. Com os dados brutos já armazenados, realizou-se seu pré-processamento, bem como a análise exploratória e aplicação de modelos de *Machine Learning* para extração de variabilidade de frequência cardíaca (VFC) e identificação de padrões relacionados a eventos de fadiga cognitiva.



Durante a realização da PoC, a Facti desenvolveu um *hardware* microcontrolado com um sensor de PPG. Este tipo de sensor é altamente difundido em dispositivos *wearables*, como os conhecidos

*smartwatches* disponíveis no mercado. Foi realizada a coleta de dados provenientes do sensor e a transferência em tempo real, via *Wi-Fi*, para os serviços da plataforma *IBM® Cloud*.

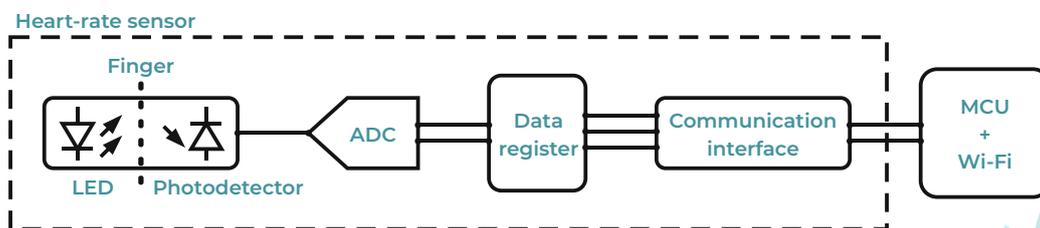


Fig. 1. Diagrama de blocos simplificado do *hardware*.



O sensor utilizado na solução é de fácil operação e baseia-se na técnica de fotopletismografia (*photoplethysmography* - PPG), um método de medida óptica de baixo custo e não invasivo, que mede variações volumétricas da circulação sanguínea, possibilitando a extração de informações

relevantes relacionadas à saúde. É aplicável no monitoramento de frequência cardíaca, auxilia no diagnóstico precoce de doenças cardiovasculares e integra alguns dispositivos *wearables*, podendo ser posicionado em diferentes regiões do corpo.

A etapa de tratamento dos sinais brutos coletados pelo sensor utilizou técnicas que minimizam as inconsistências presentes nos dados, em sua maior parte causadas por fontes de ruídos e erros. O pré-tratamento dos dados assegurou a qualidade da base a ser utilizada pelo sistema.

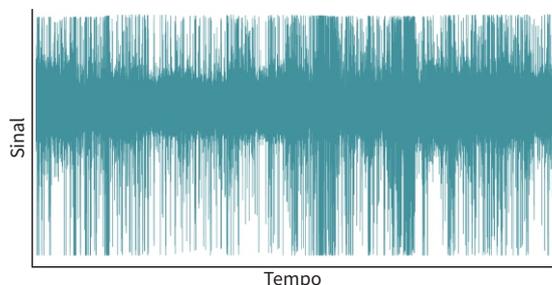


Fig. 2. Amostra de dados brutos.

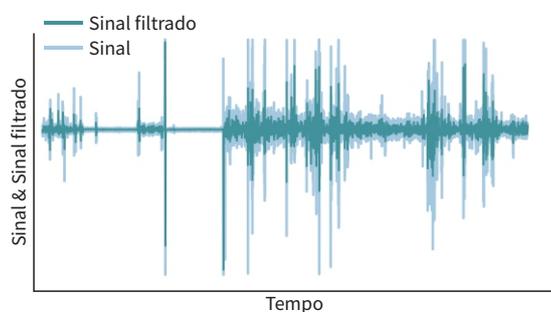


Fig. 3. Aplicação de filtros aos dados brutos.

Após o pré-processamento dos dados, foram gerados gráficos para a visualização do sinal em navegador *web*. A aplicação de modelos para análise de dados permitiu a extração da variabilidade da frequência cardíaca, baseada nas distâncias de pico a pico do sinal fornecido pelo sensor.

Para os sensores de PPG, os ruídos comumente são gerados pelo mal posicionamento e movimentação do dedo no sensor ou a presença de resíduos. Embora estes fatores interfiram na qualidade do sinal, a aplicação de filtros o torna apropriado para a etapa de *Machine Learning*.

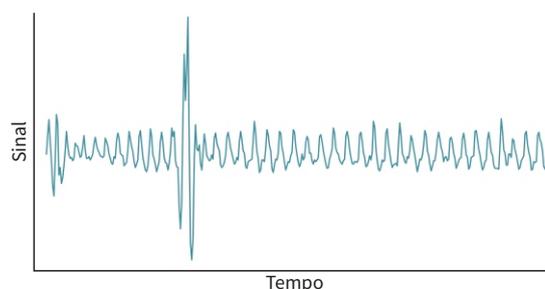


Fig. 4. Amostra da série-temporal pré-processada.

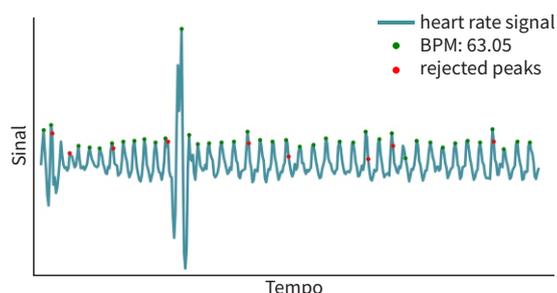


Fig. 5. Extração de informações a partir de um sinal de PPG.

Mediante a aplicação de algoritmos de reconhecimento de padrões, as particularidades presentes nos dados analisados foram identificadas de modo automático, permitindo a avaliação de eventos relacionados à fadiga cognitiva.

Os modelos validados na PoC contribuíram para a análise do sinal de PPG sob diferentes aspectos. Além do reconhecimento de padrões presentes no sinal, permitiram a investigação da sua distribuição, tendência e frequência. Quando se busca a implementação da solução integrada a um aplicativo mobile, incorporar tais aspectos do sinal ao sistema é fundamental.

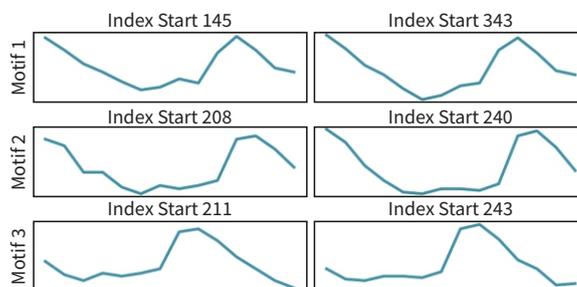


Fig. 6. Padrões identificados de forma automatizada.

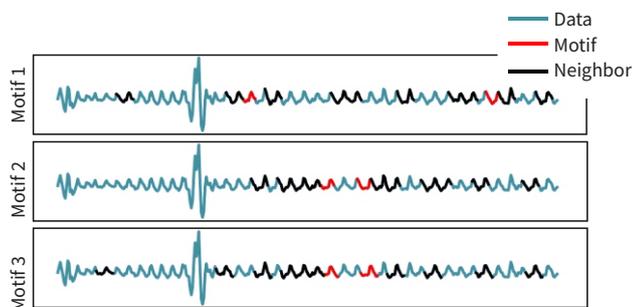


Fig. 7. Reconhecimento de padrões a partir de um sinal de PPG.

Uma vez definidas as características associadas à fadiga cognitiva, a aplicação de modelos de *Machine Learning* permite a classificação dos padrões identificados nos sinais. Alguns destes sugerem eventos de fadiga em diferentes momentos dos dados da série temporal analisada.

A aplicação de modelos de *Machine Learning* contribuiu para a predição de partes do sinal que, supostamente, foram perdidas durante sua transmissão. Esse processo de reconstrução foi realizado com alto grau de confiabilidade.

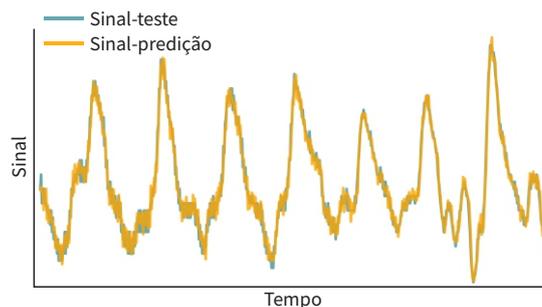


Fig. 8. Reconstrução de sinal a partir de amostras.

Diferentes etapas realizadas neste trabalho utilizaram serviços do *IBM® Cloud* para armazenamento, computação e interação com o usuário. As etapas validadas contemplaram o modelo computacional baseado em serviços desta plataforma.

Utilizar o ambiente em nuvem no desenvolvimento do estudo de caso possibilitou, dentre outros

resultados, a validação da capacidade de se adequar à demanda. Esse fator contribui de forma significativa para a implementação de soluções de *IoT*, impactando positivamente na escalabilidade desse tipo de solução. Apesar da tecnologia utilizada, o conceito foi provado e potencialmente pode ser repetido em outras plataformas de gerenciamento de dispositivos e sensores.

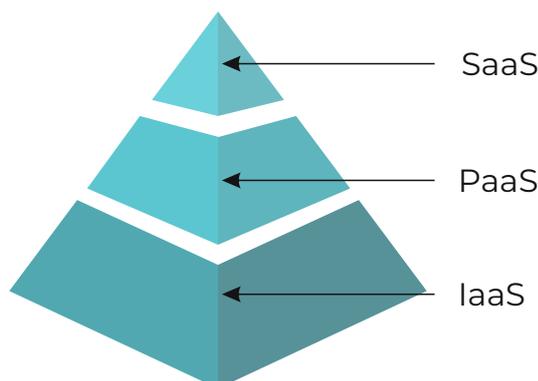


Fig. 9. Arquitetura orientada a serviços.



## POTENCIAIS APLICAÇÕES DOS RESULTADOS DA POC

Estima-se que 87% das organizações na área da saúde adotaram *IoT* no ano de 2019. As aplicações nessa área incluem gestão hospitalar, auxílio no diagnóstico e suporte à tomada de decisão. A utilização de *Smart Sensors*, aliada aos modelos de *Machine Learning*, tem potencial para trazer inúmeros benefícios aos pacientes e usuários em geral. Atualmente, a otimização de recursos e a automação de processos têm impactado diretamente na eficiência dos gastos na área da saúde.

Uma área de aplicação destacada no Plano de Ação do Estudo de *IoT* do BNDES é o monitoramento remoto de pacientes com doenças crônicas, o que engloba cerca de 40% dos brasileiros, segundo o Ministério da Saúde. Além disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que atualmente 11% dos brasileiros são portadores de diabetes. Destaca-se, ainda, que o seu aumento foi de 62% ao longo dos últimos 10 anos.

Aplicações em *IoT*, como a que foi desenvolvida na PoC pela Facti, trazem inúmeras contribuições para

solucionar alguns desses problemas e aprimorar a gestão da saúde em geral, visto que o monitoramento de fatores de risco auxilia tanto na prevenção como no tratamento de doenças crônicas.

Os resultados obtidos com o uso de tecnologia de *IoT* e *Cloud Computing* podem ser aplicados em outros cenários nos quais sejam necessários sensores, algoritmos e o tratamento de problemáticas mais específicas. Uma vez validadas as etapas individuais, é possível promover uma adequação às mais diferentes necessidades.

Destaca-se, em particular, o potencial de aplicações com *IoT* no auxílio ao combate de epidemias. No cenário atual, em decorrência da COVID-19, essa linha de atuação merece atenção especial. Combinar o monitoramento remoto de variáveis de risco de pacientes com coronavírus a algum tratamento tradicional auxilia no suporte à tomada de decisão, melhorando a qualidade do atendimento médico.

## SOBRE A FACTI

Criada em 1998 pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - Abinee e pela Associação das Empresas Brasileiras de Software e Serviços de Informática - Assespro, a Facti é uma fundação de direito privado com autonomia administrativa, patrimonial e financeira, de atuação nacional e internacional.

Pelas suas características, a Facti é uma Instituição Científica e Tecnológica capaz de prover soluções e desenvolver projetos em Tecnologias da Informação e Comunicação, especialmente em

Serviços 4.0, nos segmentos de Análise e Monitoramento de Dados, Internet das Coisas, Saúde, Segurança da Informação e Varejo.

Com experiência comprovada na realização de Projetos de PD&I, a Facti é habilitada a receber aportes de recursos privados provenientes de incentivos fiscais (tais como os de Lei de Informática, Lei do Bem e afins) ou de recursos de fontes de fomento público (dos quais pode-se citar a Finep, BNDES e Fapesp).



## BIBLIOGRAFIA

[1] A. Al-Fuqaha et al., Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications, 2015.

<<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7123563/>>

[2] V. Benschoten et al., MPA: a novel cross-language API for time series analysis, 2020.

<<https://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.02179.pdf>>

[3] Banco Nacional do desenvolvimento - BNDES, BNDES Pilotos IoT - Internet das Coisas, 13 jul. 2020.

<<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/onde-atuamos/inovacao/internet-das-coisas/bndes-projetos-piloto-internet-das-coisas/bndes-pilotos-iot-internet-das-coisas>>

[4] BSA | The Software Alliance, 2018 BSA Global Cloud Computing Scorecard, 10 jul. 2020.

<[https://cloudscorecard.bsa.org/2018/pdf/BSA\\_2018\\_Global\\_Cloud\\_Scorecard.pdf](https://cloudscorecard.bsa.org/2018/pdf/BSA_2018_Global_Cloud_Scorecard.pdf)>

[5] D. Castaneda et al., A review on wearable photoplethysmography sensors and their potential future applications in health care, 2018.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6426305/>>

[6] Finean, R., Predicting Cognitive Fatigue with Photoplethysmography (PPG), 2019.

<<https://www.researchgate.net/project/Predicting-Cognitive-Fatigue-with-Photoplethysmography-PPG>>

[7] Forbes, Prognosis For Health Care IoT: Six Predictions For 2019, 1 mai. 2019.

<<https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/03/01/prognosis-for-health-care-iot-six-predictions-for-2019/#701a9e49fddd>>

[8] Gartner, 4 Lessons Learned From Cloud Infrastructure Adopters, 30 jun. 2020.

<<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/4-lessons-learned-from-cloud-infrastructure-adopters/>>

[9] V. Gent et al. Analysing Noisy Driver Physiology Real-Time Using Off-the-Shelf Sensors: Heart Rate Analysis Software from the Taking the Fast Lane Project, 2018.

<<https://openresearchsoftware.metajnl.com/articles/10.5334/jors.241/>>

[10] IBM® Cloud, 4 jul. 2020.

<<https://www.ibm.com/cloud>>

[11] IDTechEx, Wearable Technology Forecasts: 2020-2030, 15 jul. 2020.

<<https://www.idtechex.com/en/research-report/wearable-technology-forecasts-2020-2030/747>>

[12] Market Research Future, Cloud Computing Market Research Report - Global Forecast till 2024, 15 jul. 2020.

<<https://www.marketresearchfuture.com/reports/cloud-computing-market-1013>>

[13] PwC Global, Sizing the prize - PwC's Global Artificial Intelligence Study: Exploiting the AI Revolution, 12 jul. 2020.

<<https://www.pwc.com/gx/en/issues/analytics/as-sets/pwc-ai-analysis-sizing-the-prize-report.pdf>>

[14] S. Seabol et al., Statsmodels: Econometric and statistical modeling with python, 2010.

<<https://pdfs.semanticscholar.org/3a27/6417e5350e29cb6bf04ea5a4785601d5a215.pdf>>

