# Título:

Early delirium detection using machine learning algorithms

Machine learning approach do detect delirium at hospital setting.

# Resumo:

Nowadays, breast cancer is the most frequent cancer among women. Early detection is a critical issue that can be effectively achieved by machine learning (ML) techniques. Thus in this article, the methods to improve the accuracy of ML classification models for the prognosis of breast cancer are investigated. Wrapper-based feature selection approach along with nature-inspired algorithms such as Particle Swarm Optimization, Genetic Search, and Greedy Stepwise has been used to identify the important features. On these selected features popular machine learning classifiers Support Vector Machine, J48 (C4.5 Decision Tree Algorithm), Multilayer-Perceptron (a feed-forward ANN) were used in the system. The methodology of the proposed system is structured into five stages which include (1) Data Pre-processing; (2) Data imbalance handling; (3) Feature Selection; (4) Machine Learning Classifiers; (5) classifier’s performance evaluation. The dataset under this research experimentation is referred from the UCI Machine Learning Repository, named Breast Cancer Wisconsin (Diagnostic) Data Set. This article indicated that the J48 decision tree classifier is the appropriate machine learning-based classifier for optimum breast cancer prognosis. Support Vector Machine with Particle Swarm Optimization algorithm for feature selection achieves the accuracy of 98.24%, MCC = 0.961, Sensitivity = 99.11%, Specificity = 96.54%, and Kappa statistics of 0.9606. It is also observed that the J48 Decision Tree classifier with the Genetic Search algorithm for feature selection achieves the accuracy of 98.83%, MCC = 0.974, Sensitivity = 98.95%, Specificity = 98.58%, and Kappa statistics of 0.9735. Furthermore, Multilayer Perceptron ANN classifier with Genetic Search algorithm for feature selection achieves the accuracy of 98.59%, MCC = 0.968, Sensitivity = 98.6%, Specificity = 98.57%, and Kappa statistics of 0.9682

Abstract:

Delirium is a common manifestation of severe acute neuropsychiatric dysfunction, prevalent in hospital settings, which due the complex multifactorial causes is often underdiagnosed and neglected. Early detection is a critical issue that can be effectively achieved by machine learning (ML) techniques. Thus in this article, the methods to improve the accuracy of ML classification models for the detection of delirium are investigated. The objective is to develop and validate an instrument for use in the hospital settings to accurately recognize delirium in admitted patients. The dataset under this research experimentation is referred from the data collected from a Portuguese hospital between 2014 and 2016. The data available included 511 records and 54 features, which included patient demographics, medical histories, physiological measurements, medications administered, and lab results. The methodology of the proposed system included: data pre-processing; data imbalance handling; feature selection; machine learning classifiers; classifier’s performance evaluation and development of a web app. ﻿The model achieved consists of 26 predictors assessed at healthcare admission. Overall, the best results were achieved by the combination of Select From Model with logistic regression, with AUC-ROC of 0.833 and AUC-PR of 0.582. Although the prediction model can still be improved, this approach might be a useful support tool to identify patients at increased risk of delirium in healthcare settings.

age, history of cognitive impairment, history of alcohol abuse, blood urea nitrogen, admission category, urgent admission, mean arterial blood pressure, use of corticosteroids, and respiratory failure.

Wrapper-based feature selection approach has been used to identify the important features.

The methodology of the proposed system included: Data Pre-processing; Data imbalance handling; Feature Selection; Machine Learning Classifiers; classifier’s performance evaluation.

﻿To develop and validate a model based on data collected from a Portuguese hospital between 2014 and 2016 to predict delirium development.

In this paper, was analysed data collected from a Portuguese hospital between 2014 and 2016. The data available included patient demographics, medical histories, physiological measurements, medications administered, and lab results and 511 records. After data preparation was obtained a dataset with

Considering the imbalance of delirum detection datasets resulted in low classification performance was used Adaptive Synthetic Sampling (ADASYN) method to balance datasets.

Based on the experimental results, the improvement of precision, recall, F1 scores and AUC values after ADASYN is then analyzed. Experiments show that the proposed method can be applied to delirium detection, and can effectively improve the classification accuracy of that kind of disease.

making 26 features. The final dataset included 434 records but with a low percentage of success of delirium (27,9%). To handle this was performed ADASYN balancing training strategy. Then was performed a two-stage ML comparison study. Firstly, we consider Random Forest (RF) and the wrapper method as features selection strategy. Then was performed Logistic Regression (LR) and the wrapper method as features selection strategy.

To develop and validate an instrument for use in the hospital settings to accurately recognize delirium in admitted patients.

Overall, the best results were achieved by the combination of Select From Model with logistic regression.

multicomponent non-pharmacological risk factor approaches could be the most effective strategy for prevention.

The abstract should briefly summarize the contents of the paper in

15--250 words.

# Introdução:

Nas últimas décadas, tem-se registado um aumento considerável da esperança média de vida, no entanto, paralelamente a este envelhecimento da população, tem-se assistido a um acréscimo de doenças crónicas caracterizadas por produzirem elevados graus de incapacidade ((DuGoff, Canudas-Romo, Buttorff, Leff, & Anderson, 2014)) sendo muitas vezes responsáveis por pressões sobre o sistema de saúde.

O envelhecimento biológico a que o indivíduo está sujeito tem uma evolução variável, e passa por uma degradação natural onde podem ocorrer inúmeras alterações no normal funcionamento do organismo, destacando-se aqui a deterioração ocorrida a nível cognitivo, esta que é uma alteração bastante comum em pessoas idosas. Pequenas alterações no indivíduo causadas pela mudança de estado da doença, medicamentos, internamento, um défice físico apresentado recentemente ou uma combinação destes podem promover estados de confusão e desorientação. O delirium é uma manifestação comum de disfunção neuropsiquiátrica aguda grave, muito prevalente em ambiente hospitalar, que devido à sua variabilidade de apresentação clínica é frequentemente subdiagnosticado e negligenciado. O delirium pode afectar pessoas de todas as idades, mas afecta predominantemente adultos idosos hospitalizados e está associado não só a um aumento da morbilidade e mortalidade, como também a um aumento do tempo de internamento, bem como a uma deterioração do estado físico e mental do individuo. A capacidade para avaliar o delirium é uma componente essencial na estratégia de avaliação do doente de modo a prevenir ou tratar a ocorrência desta perturbação. Estudos apontam que o diagnóstico precoce e uma abordagem adequada, estão associados a uma redução das taxas de morbilidade e mortalidade associadas ao delirium (Sharon K. Inouye et al., 2014; Mittal et al., 2011).

Nos últimos anos, têm sido desenvolvidos vários instrumentos de avaliação clínica para o delirium, o que representou um importante avanço metodológico no estudo e diagnóstico desta perturbação. Como o delirium pode passar facilmente despercebido aos profissionais de saúde, especialmente em doentes internados em UCI e SU, torna-se importante o uso de ferramentas de rastreio que permitam detetar de forma mais precoce este distúrbio. Não só, pela possível melhoria na qualidade de vida dos pacientes, mas também pela possível contenção de custos relacionados com o tratamento dos doentes. Face a esta necessidade, têm vindo a ser desenvolvidas e validadas ferramentas de rastreio para esta perturbação, com o intuito de serem usadas na prática clínica diária (De & Wand, 2015).

Atualmente existem vários instrumentos validados de apoio ao diagnóstico do delirium, que foram adequados consoantes a tipologia de doentes envolvidos (Leonard et al., 2014). Assim, já existem mais de 30 instrumentos desenvolvidos e testados para a avaliação do delirium (Adamis, Sharma, Whelan, & MacDonald, 2010; C. L. Wong, Holroyd-Leduc, Simel, & Straus, 2010). No entanto, em ambiente hospitalar, o tempo muitas vezes é escasso e há uma necessidade de obter respostas rapidamente, pelo que este tipo de síndrome pode passar despercebida a muitos profissionais de saúde. Daí, ter surgido a necessidade de investigar ferramentas que possam permitir a elaboração de um diagnóstico de forma mais rápida e precisa que o habitual. E, uma vez que já se possuíam dados recolhidos entre 2014 e 2016 num hospital português, surgiu a ideia de desenvolver uma aplicação web que determina o risco de desenvolvimento de delirium de um paciente no contexto hospitalar.

Introduction:

Over the past years, average life expectancy has increased, however, alongside with this ageing population, there has been a significant increase in chronic diseases. These characterized by producing high degrees of disability and often responsible for pressures on the health system. The biological ageing to which the individual is subjected has a variable evolution, and goes through a natural degradation where numerous changes can occur in the normal functioning of the body, highlighting here the deterioration that occurs at the cognitive level, which is a very common change in older people. Small changes in the individual caused by the change of disease status, medication, hospitalization, a recently presented physical deficit, or a combination of these can promote states of confusion and disorientation. Delirium is a common manifestation of severe acute neuropsychiatric dysfunction, very prevalent in the hospital setting, which due to its variability of clinical presentation is often underdiagnosed and neglected. Delirium can affect people of all ages, but predominantly affects hospitalized older adults and is associated not only with increased morbidity and mortality, but also with increased length of stay, as well as deterioration in the individual's physical and mental status. The ability to assess delirium is an essential component in the patient assessment strategy in order to prevent or treat the occurrence of this disorder. Studies indicate that early diagnosis and an appropriate approach are associated with a reduction in morbidity and mortality rates associated with delirium (Sharon K. Inouye et al., 2014; Mittal et al., 2011).

In recent years, several clinical assessment tools for delirium have been developed, which has represented an important methodological advance in the study and diagnosis of this disorder. Since delirium can easily go unnoticed by health care professionals, especially in ICU and ER patients, it is important to use screening tools that allow for an earlier detection of this disorder. Not only for the possible improvement in the quality of life of patients, but also to contain costs related to patient treatment. In view of this need, screening tools for this disorder have been developed and validated, with the purpose of being used in daily clinical practice (De & Wand, 2015).

Currently, there are several validated instruments to support the diagnosis of delirium, which have been adapted according to the type of patients involved (Leonard et al., 2014). Thus, there are already more than 30 instruments developed and tested for the assessment of delirium (Adamis, Sharma, Whelan, & MacDonald, 2010; C. L. Wong, Holroyd-Leduc, Simel, & Straus, 2010). However, in a hospital setting, time is often in short supply and there is a need to get answers quickly, so this type of syndrome can go unnoticed by many healthcare professionals. Hence, the need has arisen to investigate tools that can enable a diagnosis to be made more quickly and accurately than usual. And, since we already had data collected between 2014 and 2016 in a Portuguese hospital, the idea arose to develop a web application that determines a patient's risk of developing delirium in a hospital setting.

﻿The objective is to develop and validate a predictive risk model to detect delirium using patient data.

﻿Data from electronic health records for patients hospitalized from the ED between 2014, and 2016, were extracted.

Ferramentas de diagnóstico

CAM RASS,

Machine Learning

O ML é uma área de investigação da ciência da computação que utiliza conceitos de IA e métodos estatísticos para desenvolver algoritmos que aprendem e fazem previsões sobre os dados. Este campo da IA explora o estudo e a construção de algoritmos, que permitem aprender com dados, identificar padrões em enormes quantidades de dados e tomar decisões. A maior utilidade e impacto do conhecimento extraído a partir de dados e eventos históricos é a previsão de eventos e alterações similares no futuro (Murphy, 2012). Apesar de não ser nova, esta técnica tem vindo a ganhar importância nos últimos anos e é agora utilizada numa grande variedade de aplicações. Com o rápido desenvolvimento da IA, o ML e o reconhecimento inteligente têm sido cada vez mais aplicados às necessidades da vida humana (Xia, Wang, Yan, Dong, & Wang, 2019). Um estudo realizado em 2020 por Vellido, afirma que a conjetura atual do desenvolvimento tecnológico desencadeou a ideia que a utilização de ML seria o caminho a seguir para resolver problemas relacionados com a saúde, além de ser uma mais-valia para a melhoria da qualidade dos serviços de saúde (Vellido, 2020). Do mesmo modo, Kareemi et al. (2021) destacam o potencial do ML implementado nos cuidados de saúde, ao promover uma melhoria na qualidade da medicina e ao permitir acelerar o ritmo de evolução de técnicas complexas de diagnóstico e terapêuticas.

Para além disto, foram realizadas investigações que analisaram a utilização de modelos de ML em diversas áreas da saúde, e concluíram que estes modelos de ML parecem ter melhor desempenho de diagnóstico e prognóstico em comparação com as ferramentas tradicionalmente utilizadas em contexto hospitalar (Jauk et al., 2020; Kareemi et al., 2021; Stewart, Sprivulis, & Dwivedi, 2018; Vellido, 2020).

Em 2018, foi realizado um estudo que avaliou a predição de delirium usando o algoritmo RF. Para tal, previamente foi executada uma recolha de dados, que implicou a realização do rastreio de delirium através do CAM e também a recolha dos dados de saúde eletrónicos de 64038 pacientes. Estes dados foram divididos aleatoriamente em 80% para treino e 20% para teste e aplicados ao algoritmo RF. Este modelo de previsão produziu uma área abaixo da curva ROC de 0,909, o que demonstrou que este algoritmo possui um grau elevado de precisão e potencial para fornecer um modelo preditivo útil na prática clínica (Corradi et al., 2018). Já em 2021, foi publicado um estudo de coorte retrospetivo que desenvolveu e validou algoritmos de ML para a deteção do delirium. Para a execução deste estudo foram recolhidos dados durante 5 anos e para a realização do rastreio foram utilizados o método Delirium Observation Screening Scale (DOSS) para os doentes internados e Confusion Assessment Method for the Intensive Care Unit (CAM-ICU) para doentes ventilados. Também foram recolhidos dados acerca do histórico médico, medicamentos administrados, medições fisiológicas e resultados laboratoriais. Os algoritmos estudados incluíram RL, Árvore de Decisão (AD), RF, Gradient Boosting Machine (GBM), Gaussian Naïve Bayes (GNB), Support Vector Machine (SVM), e K Nearest Neighbor (KNN). Com este estudo, foi possível concluir que os algoritmos de RF, GBM e RL apresentaram a melhor capacidade de previsão com o valor da área abaixo da curva ROC de 0,85 a 0,86. Tendo demonstrado, que o uso de algoritmos de ML para a identificação de delirium pode ser uma boa abordagem na prática clínica, na medida em que podem permitir identificar casos que passariam despercebidos (Lee, Mueller, Nick Street, & M. Carnahan, 2021). Neste sentido, é importante frisar que a identificação precoce de doentes com risco de desenvolver delirium pode facilitar a prevenção desta perturbação e assim melhorar a qualidade de vida dos pacientes. Neste seguimento, foram desenvolvidos modelos preditivos para a deteção do delirium, que demonstraram ser uma vantagem na prática clinica diária (Van Den Boogaard et al., 2012). O PREdiction of DELIRium for Intensive Care patients (PRE-DELIRIC), foi um modelo de previsão do delirium criado em 2012 para uso na medicina de cuidados intensivos. Este modelo prevê o desenvolvimento de delirium ao longo do internamento, mediante 10 preditores (idade, grupo diagnóstico, coma, admissão urgente, administração de morfina, ureia, infeção, sedação, acidose metabólica, pontuação Acute Physiology and Chronic Health Evaluation-II (APACHE-II) avaliáveis 24 horas após a admissão do doente (Liang et al., 2020; Van Den Boogaard et al., 2012). Segundo Liang et al. (2020), o PRE-DELIRIC tem um elevado valor preditivo e é sugerido que este modelo seja adotado em unidades de cuidados intensivos (UCI) para a deteção do delirium em doentes de alto risco, pois contribui para uma melhor gestão de recursos assim como uma melhoria na vida dos pacientes.

Em 2015, foi validado outro modelo para deteção precoce do delirium para cuidados intensivos, denominado por Early PREdiction of DELIRium for Intensive Care patient (E-PRE-DELIRIC). Este modelo é constituído por nove preditores: idade, histórico de alterações cognitivas, histórico de abuso de álcool, níveis de ureia no sangue, grupo diagnóstico, admissão urgente, tensão arterial média, administração de corticosteroides e insuficiência respiratória. Este estudo surgiu como necessidade de colmatar a lacuna do modelo anterior ter a limitação de exigir preditores obtidos durante as primeiras 24 h de admissão na UCI. Pelo que, o modelo E-PRE-DELIRIC utiliza os dados disponíveis na admissão à UCI para prever o desenvolvimento do delirium durante o tempo de internamento do paciente (Wassenaar et al., 2015).

Introduction:

Increased life expectancy is an indicator of improved quality of life, but it is also associated with an increase in chronic diseases. Due to the multiple physiological changes that characterise the elderly, it is expected that this age group is particularly vulnerable to the adverse effects of hospitalisation. Small changes in the individual caused by the change of disease state may promote states of confusion and disorientation. Delirium is a common manifestation of severe acute neuropsychiatric dysfunction, prevalent in hospital environment, which due to its variability of clinical presentation is often underdiagnosed and neglected.

Delirium can affect people of all ages, but it predominantly affects hospitalised older adults and it is associated with increased morbidity and mortality.

Disease, medications, a newly presented physical deficit, or a combination of these can

Devido às múltiplas alterações fisiológicas que caracterizam os idosos, espera-se que este grupo etário seja particularmente vulnerável aos efeitos adversos da hospitalização. Pequenas mudanças no indivíduo causadas pela mudança de estado da doença podem promover estados de confusão e desorientação. O delírio é uma manifestação comum de grave disfunção neuropsiquiátrica aguda, prevalente em ambiente hospitalar, que devido à sua variabilidade de apresentação clínica é frequentemente subdiagnosticada e negligenciada.

O delirium pode afectar pessoas de todas as idades, mas afecta predominantemente adultos idosos hospitalizados e está associado a uma morbilidade e mortalidade acrescidas.

O delirium é uma síndrome neuropsiquiátrica grave caracterizada por um distúrbio de atenção ou de consciência~~~cite{ref\_apa}.

A implementação deste tipo de mecanismos irá ajudar a desenvolver um sistema de saúde inteligente.

# Materiais e Métodos:

**Dados**

Algoritmos de ML

Avaliação

**Data**

**﻿This ﻿study used data from a Portuguese hospital, extracted between 2014 and 2016. ﻿The study population comprised patients admitted at emergency department, ﻿patients were aged between 18 and 100 years old. ﻿The outcome measure of this study was a positive delirium diagnosis determined by RASS. ﻿The data available was patient demographics, medical histories, physiological measurements, medications administered, and lab results. At total 26 features was used.**

**ML algorithms**

**﻿We compared the predictive performance of two machine learning models using the Python Machine Learning library Scikit-Learn. The algorithms included Logistic Regression (LR) and Random Forest (RF) ﻿with an intention to identify an interpretable model. ﻿Cross-validation was implemented for both hyperparameter tuning and model evaluation with AUC as the evaluation metric.**

**﻿This resampling method selected used was to prevent any loss of information about the positive class by ensuring every observation appears in both the training and test data. ﻿To avoid an optimistic bias that can result from using the same cross-validation procedure for both hyperparameter tuning and model evaluation, nested cross-validation was employed. ﻿In nested cross-validation, k-fold cross-validation for hyperparameter tuning is nested inside the k- fold cross-validation for model evaluation. Using tenfold nested cross-validation, the data was randomly divided into 10 equally-sized subsets.**

# Results:

﻿The Area Under Curve (AUC), sensitivity, specificity for the RF ﻿were 0.76-0.77, 0.90, 0.33-0.35, respectively. ﻿Our study reported the importance of variables, such as age a.

﻿These findings highlighted several modifiable variables that we can approach in the ED and hospital setting. ﻿The comparison of the machine learning-driven models added a significant impact on how to identify patients who have a high risk of developing delirium while minimizing bias.

# Conclusão:

Reconhecer, diagnosticar, gerir e prevenir o delírio nestas circunstâncias inovadoras e adversas tem vindo com desafios únicos.

Conclusion:

﻿This study demonstrated the use of machine learning algorithms to identify the combination of variables that are predictive of delirium.

Recognising, diagnosing, managing and preventing delirium in these novel and adverse circumstances has come with unique challenges.

﻿Since delirium is missed in the ED and our prediction model will help to identify a high-risk group, which fits with using the model to identify prevalent and impending delirium.

﻿The discovery of a predictive model that clinicians can use as a clinical decision aid could lead to improved detection of delirium and identification of a high-risk group. This contribution is significant because the findings will introduce a clinical decision aid that either clinicians use actively or receive passively from machine learning algorithms, overcoming the limitation of misdiagnosis or under diagnosis by clinical gestalt alone to detect delirium.

DuGoff, E. H., Canudas-Romo, V., Buttorff, C., Leff, B., & Anderson, G. F. (2014). Multiple Chronic Conditions and Life Expectancy. *Medical Care*, *52*(8), 688–694. https://doi.org/10.1097/MLR.0000000000000166