



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Matemática

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

**APLICANDO REDES DE FUNÇÃO DE BASE
RADIAL PARA DETECÇÃO DE NOVIDADES
EM FLUXOS DE DADOS CONTÍNUOS**

Ruivaldo Azevedo Lobão Neto

QUALIFICAÇÃO DE MESTRADO

Salvador
03 de Abril de 2019

RUIVALDO AZEVEDO LOBÃO NETO

**APLICANDO REDES DE FUNÇÃO DE BASE RADIAL PARA
DETECÇÃO DE NOVIDADES EM FLUXOS DE DADOS
CONTÍNUOS**

Esta Qualificação de Mestrado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Ricardo Araújo Rios

Salvador
03 de Abril de 2019

TERMO DE APROVAÇÃO

RUIVALDO AZEVEDO LOBÃO NETO

APLICANDO REDES DE FUNÇÃO DE BASE RADIAL PARA DETECÇÃO DE NOVIDADES EM FLUXOS DE DADOS CONTÍNUOS

Esta Qualificação de Mestrado foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia.

Salvador, 03 de Abril de 2019

Prof. Dr. Ricardo Araújo Rios
UFBA

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina, fluxos de dados contínuos, Mudanças de Conceito, Redes de Função de Base Radial, Não supervisionado

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Keywords: Machine Learning, Data Streams, Concept Drift, Radial Basis Function Networks, Unlabeled

SUMÁRIO

Capítulo 1—Introdução	1
1.1 Contexto e Motivação	1
1.2 Hipótese e Objetivo	1
Capítulo 2—Revisão Bibliográfica	3
2.1 Considerações Iniciais	3
2.2 fluxos de dados contínuos	3
2.3 Mudança de Conceito	4
2.3.1 Algoritmos para Detecção de Mudança de Conceito	4
2.3.2 Ferramentas	4
2.4 Redes de Função de Base Radial	4
2.5 Trabalhos Relacionados	5
2.6 Considerações Finais	5
Capítulo 3—Plano de Pesquisa	7
3.1 Considerações Iniciais	7
3.2 Descrição do Problema	7
3.2.1 Atividades de Pesquisa	7
3.3 Considerações Finais	8
Capítulo 4—Experimentos Iniciais	9
4.1 Considerações Iniciais	9
4.2 Configuração dos Experimentos	9
4.3 Método de Pettitt	9
4.4 Redes de Função de Base Radial	10
4.5 Considerações Finais	10

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

Cenários com fluxos de dados contínuos (FCDs) - *data streams* - frequentemente possuem grandes quantidades de dados, potencialmente infinitos, fluindo rápida e continuamente. Aplicações baseadas em *data streams* têm de processar a informação de forma online, isto é, assim que são recepcionadas, pois é impraticável armazenar todos os dados. Em outras palavras, restrições sobre o uso de memória e o tempo de execução se aplicam e não é permitida a releitura de observações prévias.

Além disso, como esses dados são coletados com alta frequência e durante longos períodos de tempo, a distribuição de dados tende a ser **não**-estacionária. Este fenômeno é comumente conhecido como desvio de conceito (GAMA et al., 2014). Aprendizado de máquina (AM) na presença de desvio de conceito é o cenário considerado **aprendizagem online** neste trabalho.

A categorização mais comum do desvio de conceito é baseada na velocidade da alteração. Quando as mudanças de um conceito para outro são repentinas e / ou rápidas, elas são chamadas de **abruptas**. Enquanto, transições entre conceitos que ocorrem ao longo de um número maior de instâncias, são chamadas **graduais** (GAMA et al., 2014).

1.2 HIPÓTESE E OBJETIVO

Considerando as observações da seção anterior, a seguinte hipótese foi elaborada:

“A aplicação de redes de função de base radial sobre fluxos de dados contínuos, permite a detecção de mudanças de conceito, sem requerer manutenção de estados prévios, de forma ágil e com baixos requisitos de processamento.”

O objetivo deste trabalho será o desenvolvimento e validação da hipótese. Para tanto, será desenvolvido um algoritmo para detecção de mudanças de conceito baseado em redes de função de base radial. Este algoritmo diferencia-se por realizar a escolha do centros

de forma *online*, conforme novas entradas são recepcionadas e por apresentar um raio dinâmico. A ativação de novos centros é usado como indicador para possíveis mudanças de conceito.

O algoritmo implementado será comparado com o estado da arte. Os fluxos de dados contínuos utilizados nos experimento, serão divididas em dois conjuntos. Um conjunto formado por séries sintéticas, para análise das características métricas da técnica proposta. E outro conjunto, formado por datasets oriundos de aplicações de aprendizagem de máquina do mundo real que apresentam mudanças de conceito.

Este trabalho está organizado conforme a seguinte estrutura: O **Capítulo 2** possui uma revisão bibliográfica dos principais conceitos utilizados neste trabalho como, por exemplo, fluxos de dados contínuos, mudança de conceito e principais algoritmos; No **Capítulo 3** o plano de pesquisa definido é detalhado, identificando a metodologia que será aplicada e o cronograma de atividades. Por fim, o **Capítulo 4**, apresenta um conjunto de experimentos preliminares e a análise dos resultados obtidos em relação ao estado da arte.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nas próximas seção, introduziremos os campos de fluxos de dados contínuos e detecção de mudança de conceito, tópicos importante no escopo deste trabalho. Por fim, apresentamos trabalhos relacionados encontrados na literatura.

2.2 FLUXOS DE DADOS CONTÍNUOS

fluxos de dados contínuos podem ser definidos como sequências abertas de dados produzidos continuamente (PAVLIDIS et al., 2011). Normalmente, supõe-se que eles são produzidos em grandes volumes e em altas frequências. Alguns sistemas do mundo real produzem fluxos de dados contínuos, como os associados à telecomunicação empresas, sistemas bancários, mercado de ações, redes de sensores, satélites meteorológicos, Grande Colisor de Hádrons, etc (GUHA et al., 2003). Tais fluxos podem ser estudados e analisados continuamente, a fim de obter informações dos fenômenos responsáveis para gerá-los e, portanto, modelar e prever seu comportamento. No contexto desta tese, os fluxos de dados contínuos são representados como sequências de observações $x_1, \dots, x_I, \dots, x_n$, em que cada a observação é um vetor de d atributos reais, isto é, $x_i \in \mathbb{R}^d$.

Dada a alta frequência possível que os dados são produzidos, os algoritmos para processar streams sofrem restrições em sua complexidade de tempo, uma vez que o algoritmo não pode executar operações exigentes durante o processamento de cada observação de dados, caso contrário a análise do fluxo seria afetada (BAENA-GARCÍA et al., 2006).

Outra restrição está associada à natureza infinita dos fluxos - uma vez que a memória do computador é limitada, apenas as informações de dados ou mais importantes devem ser armazenadas. Devido a essas duas restrições, os algoritmos do fluxo de dados devem analisar os dados coletados, armazenar suas características ou informações relevantes e descartá-los a seguir. Portanto, as observações de dados devem ser processadas em uma única passagem, ou seja, de uma maneira inteiramente diferente dos conjuntos de dados tradicionais, cujas observações são completamente armazenadas na memória e processadas várias vezes, como um lote.

2.3 MUDANÇA DE CONCEITO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.3.1 Algoritmos para Detecção de Mudança de Conceito

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.3.2 Ferramentas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.4 REDES DE FUNÇÃO DE BASE RADIAL

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit

blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

PLANO DE PESQUISA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

3.2.1 Atividades de Pesquisa

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut

porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

EXPERIMENTOS INICIAIS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

4.2 CONFIGURAÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

4.3 MÉTODO DE PETTITT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut

porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

4.4 REDES DE FUNÇÃO DE BASE RADIAL

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAENA-GARCÍA, M. et al. Early drift detection method. In: *In Fourth International Workshop on Knowledge Discovery from Data Streams*. [S.l.: s.n.], 2006.
- GAMA, J. a. et al. A survey on concept drift adaptation. *ACM Comput. Surv.*, ACM, New York, NY, USA, v. 46, n. 4, p. 44:1–44:37, mar. 2014. ISSN 0360-0300. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/2523813>.
- GUHA, S. et al. Clustering data streams: Theory and practice. *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.*, IEEE Educational Activities Department, Piscataway, NJ, USA, v. 15, n. 3, p. 515–528, mar. 2003. ISSN 1041-4347. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/TKDE.2003.1198387>.
- PAVLIDIS, N. G. et al. λ -perceptron: An adaptive classifier for data streams. *Pattern Recogn.*, Elsevier Science Inc., New York, NY, USA, v. 44, n. 1, p. 78–96, jan. 2011. ISSN 0031-3203. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.patcog.2010.07.026>.