



LIQUID MACHINE LEARNING (LML) E O DESAFIO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA O DIREITO: ENFOQUE META-ANALÍTICO DAS POSSIBILIDADES DE LML PARA CONTEXTOS JURÍDICOS

LIQUID MACHINE LEARNING (LML) AND THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE CHALLENGE FOR LAW: META-ANALYTICAL APPROACH OF LML FOR LEGAL CONTEXTS

Fabiano Hartmann Peixoto **1**
Debora Bonat **2**

Resumo: O presente artigo tem por objetivo geral analisar o conceito de Liquid Machine Learning (LML) e verificar a possibilidade de seu desenvolvimento e aplicação para textos jurídicos. Será feita uma busca sistemática experimental sobre LML aplicada a contextos textuais complexos ou conexos, utilizando como apoio o aplicativo Parsifal. Será realizada uma análise de sistema dinâmico com constante de Tempo variável e sobre os potenciais da série temporal para a demanda jurídica, pois há necessidade de formatos de treinamento e adaptabilidade da Inteligência Artificial às alterações do raciocínio jurídico ao longo do tempo. O trabalho apresentará o desenvolvimento da temática por meio do método dedutivo e a partir de revisão de relatos bibliográficos experimentais, sistematizando e tabulando-os, e concluirá pela possibilidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para aprimoramento do conceito de logística jurisdicional.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Aprendizagem de Máquina Líquida. Aprendizagem de Máquina Permanente.

Abstract: This paper aims to analyze the concept of liquid machine learning and to verify its possibility of development and application to legal texts. A systematic experimental search on liquid machine learning applied to complex or connected textual contexts will be made, using the Parsifal application as support. An analysis of the dynamic system with a variable Time constant and the potentials of the time series for the legal demand will be made, as there is a need for training formats and adaptability to artificial intelligence to changes in legal reasoning over time. The paper will present the development of the theme by the deductive method and from the review of experimental bibliographic reports, systematizing and tabulating them, and will conclude the possibility of R&D to improve the concept of jurisdictional logistics.

Keywords: Artificial Intelligence. Liquid Machine Learning. On-the-job Learning.

1 Doutor em Direito pela Universidade de Brasília. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4477453804129501>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6502-9897>. E-mail: fabiano_unb@unb.br

2 Doutora em Direito pela Universidade de Brasília. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0592777037581128>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-2380>. E-mail: debora_bt@hotmail.com



Introdução

O leitor do Direito certamente não ficará surpreso com o título do presente trabalho. Contudo, a modernidade vista na dimensão líquida de Bauman não é a semiótica deste artigo, mesmo que eventualmente tenha alguma interface, pois trata de perceber a necessidade de adaptação às mudanças com sensibilidade hermenêutica, percepção de valores, princípios, propósitos e parâmetros; a não solidificação ao espaço ou ao tempo.

Modernidade Líquida, Amor Líquido, Vida Líquida e Tempos Líquidos apresentam uma construção sociológica dentro de uma visão caracterizada pela volatilidade, indefinição e insegurança provados pelo hedonismo consumista e imediatidade artificial; e as ideias de volatilidade, incerteza e especialmente insegurança estão na base da *Liquid Machine Learning* (LML) e mais próximas da realidade de permanência de um dinamismo dos cenários e das ações correspondentes com coerência. Esta é a fluidez oportuna para a Inteligência Artificial orientada para a acurácia substancial, que é um grande desafio para o desenvolvimento do apoio tecnológico ao Direito.

Ressalta-se que a acurácia substancial (PEIXOTO, 2020a) é tomada pela reunião dos conceitos de acurácia combinados com o enfoque de qualificação jurídica, isto é, refere-se inicialmente à exatidão de um resultado em relação a um parâmetro tomado como referência. A precisão é considerada com referenciais em repetição, ou seja, quanto mais preciso for um resultado, menor será a variabilidade entre todos os resultados obtidos. Para clareza, recorre-se a seguinte analogia: em um espaço há 100 animais, sendo 60 gatos e 40 cachorros. Se o objetivo de uma máquina for identificar gatos, e essa máquina aponta Gato1, Gato2 e Gato3 corretamente como gatos; e Cachorro1, Cachorro2 e Cachorro3 corretamente como cachorros, essa máquina está sendo precisa. Por outro lado, está deixando de perceber outros 57 gatos.

Portanto, dentro do conjunto de dados, o desempenho referencial está sendo preciso, mas com baixa acurácia, porque muito distante do seu problema/objetivo. Todavia, como mencionado, a acurácia não é vista isoladamente, mas adjetivada como acurácia substancial, ou seja, com o objetivo de reunir o conceito de desempenho da acurácia com a maximização de realização substancial do direito, isto é, com uma orientação ética de respeito e robustez (PEIXOTO, 2020b), incluindo cuidados contra possíveis desvios, com a proteção do desigual, dos vulneráveis e minorias (PEIXOTO, 2021), com a promoção da dignidade, da igualdade substancial e a observação e concretização de direitos fundamentais atingidos, sendo, assim, da maneira mais efetiva protegida de vieses.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo analisar a perspectiva imposta à racionalidade (BONAT, 2020), que é a capacidade de respostas coerentes com a necessária adaptabilidade das decisões jurídicas às transformações sociais na contemporaneidade. As decisões jurídicas ampliam a delimitação da logística jurisdicional, pois atingem outras determinações na esfera jurídica, que é mais ampla. Na esfera jurisdicional há ampla aplicação - que será objeto de análise do trabalho, porém a inteligência artificial também pode ser desenvolvida para solucionar problemas existentes em outras esferas.

Entrementes, esta investigação ofereceu abrir a contextualização que torna visíveis as formas como os meios privados de resolução de conflitos alcançam fenômenos sociais, econômicos, culturais, políticos e, é claro, jurídicos que, longe de estar esgotados nestas breves linhas, dialogaram entre si para moldar um quadro mais amplo do problema (SÁ NETO *et al.*, 2020).

Se, em grande medida, a própria noção semântica e semiótica permite afirmar que os sistemas de inteligência artificial aplicados em bases éticas possibilitam dar respostas aceitáveis a situações *sui generis* (CARVALHO, 2020), o conceito de LML a ser analisado permitiria, em pesquisa e desenvolvimento (P&D), respostas ainda mais empolgantes ao mundo jurídico.

Pesquisadores do *Institute of Science and Technology* (Áustria), da *Vienna University of Technology* e do *MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory* (CSAIL) já há algum tempo estudam as variáveis temporais e seus impactos para a inteligência artificial. Mais

recentemente, pesquisam uma rede neural composta por algoritmos flexíveis que permitem o aprendizado ao longo do trabalho - e não apenas em fases programadas de treinamento, ou seja, *liquid networks*, que fundamentam o conceito de LML.

Esta estrutura possui um potencial muito significativo em aplicações como veículos autônomos e controles robóticos de performance, processamento de imagens e (especialmente despertando, aqui, interesse) o processamento de linguagem natural. O estudo liderado por Ramin Hasani exprime a relevância dos dados considerados ao longo do tempo para a compreensão do mundo. Como o autor explica: “o mundo real é todo sobre sequências. Cada percepção – você não está percebendo imagens, você está percebendo sequências de imagens” (HASANI, 2021, tradução livre).

A necessidade de perceber o entorno como um processo temporal não é exclusividade do Direito ou da linguagem jurídica, mas é a chave do incremento do conceito trabalhado de acurácia substancial, e dentro da ideia de logística jurisdicional, pode estar intimamente associada a uma melhoria no desempenho de análise de dados em tempo real, podendo ser utilizada para antecipar comportamentos futuros.

Hasani (2021) realizou uma arquitetura de redes neurais que pode se adaptar às variações de *real-word systems*, com respostas a dinâmicas inesperadas complexas. Essa interpretação converge com o objetivo de aplicação de sistemas de inteligência artificial para auxílio de ações baseadas em precedentes e que demandam a captação de expressões complexas, estáveis, mas potencialmente variáveis ao longo do tempo (T).

Assim, o presente trabalho fará uma análise comparativa de alguns elementos relevantes para a rede neural líquida de Hasani, cujos parâmetros podem mudar ao longo do tempo com base em equações diferenciais (ajustando-se a mudanças no fluxo de dados de entrada) com outros algoritmos de série temporal (*state-of-the-art time series algorithms*). Dessa forma, o objetivo será perceber bases para aplicação de um sistema de *on-job-learning* para o Direito.

O conceito específico de *Liquid Machine Learning*

Ramin Hasani e pesquisadores do IST, da VUT e outros do MIT–CSAIL iniciaram a pesquisa de uma rede neural composta por algoritmos flexíveis que permitem o aprendizado ao longo do trabalho, e não apenas em fases programadas de treinamento, ou seja, *Liquid Time-Constant Networks* (LTCs), que fundamentam o conceito de LML.

O artigo que apresenta o trabalho de Hasani e equipe possui uma abordagem teórica sobre uma nova classe de redes neurais recorrentes - *Time-Continuous Recurrent Neural Networks* (CT-RNNs) - com formato de um sistema dinâmico modulado por via não linear de portas interligadas. Os modelos resultantes deste sistema, com constantes de tempo variáveis e com saídas sendo calculadas por equações numéricas diferenciais ajustadas, é que foram chamados de LTCs. O artigo ainda apresenta uma série de experimentos de série temporal para aferir a capacidade de aproximação das LTCs em comparação com as clássicas e atuais RNNs (*Recurrent Neural Networks*).

A pesquisa elaborada por Hasani *et al.* (2021) busca demonstrar um comportamento estável e expressivamente superior dentro da família de equações diferenciais, aumentando – e aqui está a chave de interesse do presente artigo – o desempenho em tarefas de previsão de séries temporais. Os limites de sua dinâmica e a expressividade comparativa foram o objeto de análise. Faz-se necessário esclarecer que não será objeto deste estudo a avaliação da dinâmica ou dos resultados comparativos experimentais - embora critérios de comparação sejam hipoteticamente possíveis e eventualmente o componham, a circunscrição será analítica.

Os autores partem do reconhecimento da efetividade de CT-RNNs. O problema de pesquisa é a possibilidade de aprimorar a estrutura que usa ODEs (*Ordinary Differential Equations*) para permitir uma aprendizagem melhor e mais expressividade. O conceito de LTC, em comparação com o modelo de ODEs tradicional, está aberto a uma variável dependente de entrada, que chega a cada ponto no Tempo, permitindo uma arbitrariedade de implementação de um solucionador ODE e, portanto, uma maior estabilidade comportamental (pois eles demonstram que as LTCs combinam uma limitação de intervalo de saída em uma dinâmica para um aumento de entradas que crescem

implacavelmente).

Assim, as LTCs são apresentadas como variantes dos modelos de *Continuous-Time* que são inspirados pela biologia e mostram grande desempenho e estabilidade para necessidades de séries temporais. Desta forma, em síntese do elemento teórico, o artigo apresenta um projeto de um novo solucionador ODE (*ODE solver*), que realiza uma fusão de métodos implícitos e explícitos, promovendo um sistema, embora dinâmico, mais estável pela característica da finitude de saídas.

Sob o ponto de vista de análise experimental, o artigo apresenta a avaliação de um modelo LTC *fused ODE* frente à RNNs, LSTMs (*Long Short Term Memory*), CT-RNNs (*ODE-RNN*), CT-GRU (*Continuous-Time Gated Recurrent Units*) e *Neural ODEs*. O modelo LTC *fused ODE* se refere às redes neurais de *deep learning*. A principal diferença entre as CNNs (Redes Neurais Convolucionais) e as RNNs é a habilidade de processamento de informações temporais ou dados que vem em sequência. Os resultados da mencionada pesquisa estão sumarizados na tabela comparativa presente na Figura 1. A configuração experimental do modelo LTC teve de 5% a 70% de desempenho superior ao alcançado por outros modelos RNNs em quatro dos sete experimentos (*datasets* diferentes) e desempenho equivalente nos outros três.

Figura 1. Tabela comparativa dos resultados do estudo analisado

Table 3: **Time series prediction** Mean and standard deviation, n=5

Dataset	Metric	LSTM	CT-RNN	Neural ODE	CT-GRU	LTC (ours)
Gesture	(accuracy)	64.57% ± 0.59	59.01% ± 1.22	46.97% ± 3.03	68.31% ± 1.78	69.55% ± 1.13
Occupancy	(accuracy)	93.18% ± 1.66	94.54% ± 0.54	90.15% ± 1.71	91.44% ± 1.67	94.63% ± 0.17
Activity recognition	(accuracy)	95.85% ± 0.29	95.73% ± 0.47	97.26% ± 0.10	96.16% ± 0.39	95.67% ± 0.575
Sequential MNIST	(accuracy)	98.41% ± 0.12	96.73% ± 0.19	97.61% ± 0.14	98.27% ± 0.14	97.57% ± 0.18
Traffic	(squared error)	0.169 ± 0.004	0.224 ± 0.008	1.512 ± 0.179	0.389 ± 0.076	0.099 ± 0.0095
Power	(squared-error)	0.628 ± 0.003	0.742 ± 0.005	1.254 ± 0.149	0.586 ± 0.003	0.642 ± 0.021
Ozone	(F1-score)	0.284 ± 0.025	0.236 ± 0.011	0.168 ± 0.006	0.260 ± 0.024	0.302 ± 0.0155

Fonte: HASANI *et al.* (2021, p. 6).

As conclusões relativas do trabalho de Hasani *et al.* (2021) despertaram interesse para realização de um segundo objetivo, que é verificar na literatura outros resultados interessantes da LML passíveis de avaliação para aplicação em contextos complexos da linguagem jurídica.

Busca sistemática sobre as possibilidades do conceito de *Liquid Machine Learning* aplicado a contextos textuais complexos

A LML é conceito limítrofe e, portanto, um objetivo específico a ser desenvolvido nesta etapa (nas dimensões que permitem um trabalho com os limites de um artigo). Propõe-se, assim, a ampliar na literatura, analiticamente, a utilização do conceito de LML mais aproximado de aplicações em contextos textuais complexos. Para este objetivo, buscou-se apoio na ferramenta on-line de revisão sistemática de literatura chamada *Parsifal*: plataforma desenvolvida com o intuito de apoiar pesquisadores na realização de revisões sistemáticas de literatura no contexto da Engenharia de Software.

Foram desenvolvidas algumas definições importantes e estabelecidos parâmetros para uma maior clareza de aplicação da ferramenta, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Definições e parâmetros para revisão da literatura e meta-análise do conceito de LML

Definições e parâmetros	
1	Problema: caso existam, quais são os trabalhos em bases de pesquisa acadêmica que utilizam o conceito de <i>liquid machine learning</i> para contextos textuais complexos?
2	É possível identificar definições conexas a <i>Liquid Machine Learning</i> para contextos textuais complexos?
3	É possível estabelecer associações do material encontrado para aplicações textuais, conceitos polissêmicos e predição textual?

Fonte: Autores (2021).

Foram estabelecidos também argumentos de busca com a combinação das definições e parâmetros “1”, “2” e “3” que compõe a Tabela 1, tal como demonstra a Tabela 2.

Tabela 2. Argumentos de busca

Descrição	
1	<i>Liquid Machine Learning</i>
2	<i>Flexible algorithms</i>
3	On-the-job learning
4	Time-Continuous Recurrent Neural Network
5	Liquid Time-constant networks

Fonte: Autores (2021).

Pelos limites do trabalho e pela apresentação do estado-da-arte não ser um objetivo, os descartes eventualmente feitos não serão justificados em pormenores. A busca também foi calibrada para uma análise exploratória de trabalhos mais recentes (a partir de 2019) e/ou mais impactantes. Logo, considerou-se oportuna uma tentativa de busca que permitisse uma associação mais refinada com as características de inteligência artificial aplicada ao Direito. O material selecionado será aproveitado ao longo do texto. Tem-se, no Quadro 1, o resumo das buscas sistemáticas sobre a aplicação do conceito de LML.

Quadro 1. Principais resultados condensados (fevereiro de 2021)

Base de Dados	Argumento intensificado	Resultados	Resultados mais recentes (2019)	Selecionados para o objeto da pesquisa
Google Scholars	“flexible algorithms that allow on-the-job learning” “Law”	49	29	0
Google Scholars	“flexible algorithms” AND “Law” OR “ODE neural”	22	12	2
ResearchGate	“flexible algorithms” AND “Law” OR “liquid machine learning” OR “polysemic contexts” AND “text applications” OR “textual prediction”	0	0	0
ResearchGate	“flexible algorithms” AND “Law” OR “ODE neural”	3	2	2

Scopus	“flexible algorithms” AND “Law” OR “liquid machine learning” OR “polysemic contexts” AND “text applications” OR “textual prediction”	19	0	0
Scopus	“flexible algorithms that allow on-the-job learning” “Law”	2	0	0
Web of Science	“flexible algorithms” AND “Law” OR “liquid machine learning” OR “polysemic contexts” AND “text applications” OR “textual prediction”	2	2	0

Fonte: Autores (2021).

Sistema dinâmico com constante de Tempo variável

Este estudo segue com um detalhamento relevante, tanto em termos de desafios para o Direito, quanto para o desenvolvimento de inteligência artificial aplicada, que é a possibilidade aplicada de acréscimo de sensibilidade à variação temporal.

Time-Continuous Recurrent Neural Network

O trabalho de Habiba e Pearlmutter (2020) apresenta a utilização de equações diferenciais neurais, como a extensão das ODEs (*Ordinary Differential Equations*), como um instrumento de performance para análise de dados temporais. No trabalho é possível ver o desenvolvimento de respostas para questões relevantes à aplicação de modelos de redes neurais recorrentes com potencialidade para aplicações de modelos para demandas do Direito: (1) esta extensão pode responder ao desafio de amostragens irregulares dos modelos neurais existentes para uma série de tempo contínua? e (2) é possível reduzir tempo de treinamento e avaliação dos sistemas neurais existentes?

A conclusão do trabalho, após análise experimental, é de que diferentemente dos modelos RNNs tradicionais, os modelos propostos não precisam discretizar séries temporais contínuas em sequências de tempo discreto. Em contraste com o modelo GRU genérico, o modelo proposto pode atualizar a dinâmica de forma irregular. Em outras palavras, os modelos ODE-GRU (*Gate Recurrent Units*) e ODE-LSTM (*Long Short Term Memory*) apresentaram vantagens significativas, com redução de tempo de aprendizagem e com redução de parâmetros. ODE-GRU calcula a todo momento e é atualizado a qualquer tempo pela aplicação do ODE *solver*, e responde a cada espaço de tempo previsto de acordo com a existência ou não de alguma mudança.

Figura 2. Configuração de rede neural usada no experimento

```

model = LatentODE(
    input_dim = gen_data_dim, // the dimension of input vector
    latent_dim = latent_dim, // the dimension of hidden vector
    rnn_encoder_z0 = encoder_z0, // RNN as an encoder
    rnn_decoder = decoder, // RNN as decoder
    diffeq_solver_nn = diffeq_solver, // Neural network to solve differential equation
    z0 = z0_prior, // Initial hidden state
    device = device,
    obsrv_std = obsrv_std,
    use_poisson_proc = True, // using poisson
    use_binary_classif = False,
    linear_classifier = True, // using linear classifier
    numer_of_labels = n_labels // number of labels
).to(device)

```

(a) Latent-ODE

Fonte: HABIBA; PEARLMUTTER (2020, p. 7).

Figura 3. Configuração de rede neural usada no experimento

```

model = RNNODE(
    input_dim = gen_data_dim, // the dimension of input vector
    latent_dim = latent_dim, // the dimension of hidden vector
    ode_net = ode_gru_func,
    z0_prior = z0_prior,
    device = device,
    obsrv_std = obsrv_std,
    use_poisson_proc = True, // using poisson
    use_binary_classif = False,
    linear_classifier = True, // using linear classifier
    numer_of_labels = n_labels // number of labels
).to(device)

```

(b) Proposed ODE-GRU/ODE-LSTM

Fonte: HABIBA; PEARLMUTTER (2020, p. 7).

Conforme mostrado na Tabela 3, o trabalho dos autores supracitados elenca os potenciais de sua proposta.

Tabela 3. Característica e potenciais

- | | |
|---|---|
| 1 | Arquitetura simples: usa funções de atualização de modelos RNN padrão e um ODE <i>solver</i> de equações diferenciais. Assim, aproveita-se a força de RNN pioneiros e ODE neurais em uma única rede neural. |
| 2 | Dados dinâmicos: com características contínuas e simples, esses modelos são apropriados para entender a dinâmica de dados, podendo contribuir significativamente para um projeto de um sistema orientado por dados. |

- 3 Treinamento mais rápido: como estes modelos aprendem a mudança dinâmica oculta dos dados junto com a unidade de controle do RNN, menos tempo será necessário para treinamento e avaliação sem comprometer a acurácia do resultado.
- 4 Menor quantidade de parâmetros: em comparação com RNNs padrão, podem atingir resultados mais rápidos, concentrando-se nos parâmetros do modelo e na dinâmica oculta.
- 5 Uso de menos memória: a implementação bem-sucedida e a concentração em parâmetros e dinâmica restringem o uso da memória, variável em razão da complexidade dos dados.

Fonte: Adaptado de HABIBA; PEARLMUTTER (2020).

A se confirmarem, estas características e potenciais para aplicações com afinidade a textos jurídicos em P&D constituem fatores interessantes sob a ótica a partir de *standards* de custos financeiros, humanos e computacionais para o contínuo desenvolvimento e aplicação em sistemas de inteligência artificial a serem desenvolvidos para a demanda jurídica.

Constante de Tempo variável e a demanda jurídica

A área jurídica é geradora de uma enorme quantidade de dados não estruturados e um campo fértil para a busca de apoio em soluções de inteligência artificial, apresentando uma característica recorrente: a constante variabilidade de situações que compõem padrões de dados reproduzíveis. Importante salientar que esta observação não está desconectada da observação teórica, como faz Mozetic (2017) ao tematizar os sistemas jurídicos inteligentes e o caminho perigoso até a teoria da argumentação de Robert Alexy. Desta forma, há na prática grande necessidade de permanente formação e atualização de aprendizagem de máquina pela dinâmica de composição de *datasets* e o correspondente sistema de testes e avaliações.

Uma das atuais grandes questões sobre a compatibilização de sistemas de inteligência artificial com o direito é a possibilidade de apropriação por uma solução de *machine learning* da complexidade dos arranjos processuais jurídicos. Masha Medvedeva e equipe (2019) realizaram uma profunda pesquisa sobre predição de decisões para a Corte Europeia de Direitos Humanos.

O objetivo principal da referida pesquisa foi demonstrar as possibilidades do processamento de linguagem natural (NLP) para prever automaticamente decisões do Tribunal Europeu de Direitos Humanos (CEDH). Em essência, o trabalho foi feito pela aplicação de uma análise quantitativa com base em palavras e conjuntos de palavras associadas ao uso no CEDH e, com base nessa análise, ensinou-se o computador a prever a decisão. Entretanto, esse caminho não foi fácil.

Após o treinamento SVM (*Support Vector Machine* – classificador linear), um conjunto separado de casos (*dataset* de teste), que não foi usado no treinamento, foi utilizado para testes comparativos. O contexto da pesquisa estava circunscrito à decisão judicial do CEDH, que possuía uma estrutura relativamente estável estrita a possíveis (não) violações entre 9 artigos. A questão é que habitualmente as demandas de inteligência artificial são mais complexas, dificultando treinamento e teste, sendo este o grande desafio atual de modelos de inteligência artificial para o Direito.

Percebeu-se, no referencial mencionado, que as características dos modelos podem ser relevantes para testes em *datasets* jurídicos, no entanto, não foi a proposta do presente artigo, que se restringiu a uma meta-análise. O resultado analítico está sendo ampliado também pela visão estratégica que se tem da inteligência artificial aplicada ao Direito como *background* para que os próprios sistemas de inteligência artificial sejam seguros, viáveis e sustentáveis ao longo dos próximos anos.

A possível combinação analítica-estratégica se dá alinhada ao que se entende por racionalidade, que tem impacto também pela variável Tempo. Como se sabe, os interesses que

originam a colisão concreta de princípios podem ser identificados e tratados com pesos, no formato teórico da proporcionalidade de Robert Alexy. Esta formulação de racionalidade envolve condições 'C' e enunciados de preferência 'P', que por sua vez, em razão do campo concreto, são submetidos também a uma variável de Tempo 'T', pois ao longo dele são possíveis as alternâncias ou os surgimentos de condições novas de precedência. Estas condições sob as quais um princípio tem precedência em face de outro constituem o suporte fático (mundo concreto) para uma regra que suportará racionalmente uma decisão. Portanto, a predição, em casos limítrofes, será mais adequada se adaptável – ou líquida, na visão analisada aqui – como dimensionada algoritmicamente.

Assim, elementos de apoio tecnológico estarão afinados às variáveis da racionalidade jurídica se puderem, mais facilmente em comparação aos modelos tradicionais, realizar captação e predição (com menor custo, menor uso de memória, maior estabilidade e maior adaptabilidade).

Considerações Finais

O presente artigo teve por objetivo geral analisar o conceito de LML, descrevendo o trabalho realizado sobre esta concepção e apresentando as suas atribuídas características a fim de verificar a potencialidade de seu desenvolvimento e aplicação para textos jurídicos.

O conceito utilizado de LML foi o desenvolvido por Hasani *et al.* (2021) e faz, sob o ponto de vista teórico, a utilização de redes neurais compostas por algoritmos flexíveis que permitem um aprendizado ao longo do trabalho e não apenas nas fases programadas de treinamento, podendo adaptar-se às variações como *real-word systems*. A base do modelo proposto é nas chamadas LTCs, por meio de formulações aperfeiçoadas de *Ordinary Differential Equations*, as *Neural ODEs*. O trabalho sustenta que a variante do modelo com novo ODE *fused* apresenta desempenho e estabilidade.

Sob a ótica experimental, o modelo foi submetido à comparação com RNNs, LSTMs, CT-RNNs (ODE-RNN), CT-GRU e *Neural ODEs*, com desempenho de 5% a 70% superior.

A fim de realizar o objetivo principal do trabalho, fez-se uma busca sistemática acerca de possíveis referenciais ao conceito de LML, especialmente em potenciais aplicações a contextos textuais complexos, utilizando como apoio o aplicativo *Parsifal*. Assim, definiu-se como parâmetros de pesquisa trabalhos em bases de pesquisa acadêmica que utilizam o conceito de LML para contextos conexos aos textuais complexos.

Com o cenário referencial restrito, fez-se uma análise de sistema dinâmico com constante de Tempo variável e os potenciais do subsídio de modelos de série temporal para a demanda jurídica, que atualmente apresenta à inteligência artificial os desafios estratégicos para desenvolvimento de treinamento e adaptabilidade às alterações do raciocínio jurídico ao longo do tempo, fortemente relacionado ao conceito de logística jurisdicional.

Na etapa em questão, analisou-se o trabalho de Habiba e Pearlmutter (2020), que se baseou em ODEs e identificou vantagens em modelos ODE-GRU e ODE-LSTM, também com vantagens de performance de aprendizagem e redução de parâmetros, respondendo a cada espaço de tempo (T) previsto de acordo com a existência ou não de alguma mudança.

O trabalho não envolveu aplicação ou experimentação, mas buscou, tendo em vista as dificuldades atuais colocadas ao treinamento e testes de sistemas de inteligência artificial pela inserção da variável Tempo e os custos (especialmente os custos financeiros, humanos e computacionais) para o contínuo desenvolvimento, a formulação de bases ao entorno do conceito de LML para seu aperfeiçoamento e aplicação em sistemas de inteligência artificial a serem, em P&D, desenvolvidos e usados no Direito.

Referências

BONAT, Debora; PEIXOTO, Fabiano Hartmann. Inteligência Artificial e Precedentes. **Coleção Direito, Racionalidade e Inteligência Artificial**, v. 3. Curitiba: Alteridade, 2020. ISBN 978-65-991155-0-9.

CARVALHO, Fernanda Potiguara; CARVALHO, Artur Potiguara; PEIXOTO, Fabiano Hartmann.

Governança de dados aplicada a Big Data analytics: a necessidade de gestão dos dados em Big Data para além da LGPD. *In*: PEIXOTO, Fabiano Hartmann; ROVER, Aires Jose; PINTO, Danielle Jacon Ayres. **Direito, Governança e Novas Tecnologias II**. Florianópolis: Conpedi, 2020. ISBN: 978-65-5648-086-2.

HABIBA, Mansura; PEARLMUTTER, Barak. **Neural Ordinary Differential Equation based Recurrent Neural Network Model**. 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341539551_Neural_Ordinary_Differential_Equation_based_Recurrent_Neural_Network_Model. Acesso em: 23 fev. 2021.

HASANI, Ramin; LECHNER, Mathias; AMINI, Alexander; RUS, Daniela; GROSU, Radu. **Liquid Time-constant Networks**. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2006.04439>. Acesso em: 21 jun. 2022.

MEDVEDEVA, Masha; VOLS, Michel; WIELING, Martijn. **Using machine learning to predict decisions of the European Court of Human Rights**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/334051389_Using_machine_learning_to_predict_decisions_of_the_European_Court_of_Human_Rights. Acesso em: 24 fev. 2021.

MOZETIC, Vinícius Almada. Os sistemas jurídicos inteligentes e o caminho perigoso até a teoria da argumentação de Robert Alexy. **Revista Brasileira de Direito**, v. 13, n. 3, 2017. Disponível em: <https://seer.imed.edu.br/index.php/revistadedireito/article/view/1939/1482>. Acesso em: 24 fev. 2021.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann. Projeto Victor: relato do desenvolvimento da inteligência artificial na re-percussão geral do Supremo Tribunal Federal. **Revista Brasileira de Inteligência Artificial e Direito - RBIAD**, v. 1, 2020.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann. Direito e Inteligência Artificial na (não) redução de desigualdades globais: decisões automatizadas na imigração e sistemas de refugiados. **Revista Direitos Culturais**, v. 15, n. 37, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20912/rdc.v15i37.222>. Acesso em: 24 fev. 2021.

PEIXOTO, Fabiano Hartmann. Inteligência Artificial e Direito: convergência ética e estratégica. **Coleção Direito, Racionalidade e Inteligência Artificial**. 1 ed. v. 5. 2020. Curitiba: ed. Alteridade, 2020. ISBN 978-65-990587-2-1.

SÁ NETO, Clarindo Epaminondas; DIÓGENES, George Lucas Souza; BEZERRA JÚNIOR, José Albenes. Perspectiva Constitucional dos Meios Privados de Resolução de Conflitos. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, v. 41, n. 86, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.5007/2177-7055.2020v41n86p251>. Acesso em: 24 fev. 2021.

Recebido em 12 de julho de 2022.
Aceito em 20 de setembro de 2022.