



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS

FIELD THEORY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTEGRATED IN THE ANALYSIS OF TRANSITIONS BETWEEN MATHEMATICAL INTERFACES

TEORÍA DE CAMPOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS EN EL ANÁLISIS DE TRANSICIONES ENTRE INTERFACES MATEMÁTICAS

Denis Carlos Lima Costa¹, Dener Francisco Ferreira da Silva², Fabrícia Ribeiro³, Renata Pinheiro Chaves⁴, Heictor Alves de Oliveira Costa⁵

e432932

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i3.2932>

PUBLICADO: 03/2023

RESUMO

A Matemática é uma criação humana. Sendo assim, a humanidade possui a responsabilidade de disseminar o contentamento e a relevância dessa invenção, no sentido de fazer as(os) estudantes acreditarem que a Matemática é acessível e factível de ser aprendida. Esse trabalho apresenta como propósito primário, reconhecer as fronteiras entre os campos da Matemática, tratados no ensino fundamental, considerando três Interfaces: Aritmética, Álgebra e Geometria. A pesquisa se beneficiou da Teoria de Campos e da estratégia de Inteligência Artificial para analisar e interpretar os resultados obtidos com a intervenção de Atividades Experimentais no processo de ensino-aprendizagem de Matemática. A investigação foi desenvolvida na Usina da Paz da Cabanagem, na Cidade de Belém do Estado do Pará, envolvendo estudantes do 5º ao 9º ano, de cinco escolas da rede pública. A metodologia aplica a resolução Matemática-Computacional das equações da Teoria de Campos em Árvores de Decisão. Os resultados indicam qual a principal Interface para cada período de ensino, identificando as fronteiras de transição entre essas Interfaces.

PALAVRAS-CHAVE: Quantização do Aprendizado. Árvore de Decisão. Modelagem Matemática-Computacional.

ABSTRACT

Mathematics is a human creation. Therefore, humanity has the responsibility to disseminate the contentment and relevance of this invention, in order to make students believe that Mathematics is accessible and feasible to be learned. This work has as its primary purpose, recognizing the boundaries between the fields of Mathematics, treated in elementary school, considering three Interfaces: Arithmetic, Algebra and Geometry. The research benefited from the Theory of Fields and the Artificial Intelligence strategy to analyze and interpret the results obtained with the intervention of Experimental Activities in the Mathematics teaching-learning process. The investigation was carried out at Usina da Paz da Cabanagem, in the City of Belém in the State of Pará, involving students from the 5th to the 9th grade, from five public schools. The methodology applies the Mathematical-Computational resolution of Field Theory equations in Decision Trees. The results indicate which is the main Interface for each teaching period, identifying the borders of transition between these Interfaces.

KEYWORDS: Quantization of Learning. Decision Tree. Mathematical-Computational Modeling.

¹ Doutor em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Potência. Mestre em Geofísica. Especialização em Física. Graduado em Ciências e Matemática. Líder do Grupo de Pesquisa GRADIENTE DE MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL - GM²SC, vinculado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Ananindeua. Membro do Grupo de Pesquisa LÍNGUAS, CULTURAS, TECNOLOGIAS e INCLUSÃO - LICTI, vinculado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Castanhal. Secretaria de Estado de Educação - SEDUC Pará.

² Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Profissional e Tecnológica - SECTET Pará.

³ Usina da Paz Cabanagem - Pará.

⁴ Usina da Paz Cabanagem - Pará.

⁵ Universidade Federal do Pará - UFPA/ITEC.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

RESUMEN

La Matemática son una creación humana. Por lo tanto, la humanidad tiene la responsabilidad de difundir el contenido y la pertinencia de este invento, para hacer creer a los estudiantes que la Matemática son accesibles y factibles de aprender. Este trabajo tiene como propósito primordial, reconocer los límites entre los campos de la Matemática, tratados en la escuela primaria, considerando tres Interfaces: Aritmética, Álgebra y Geometría. La investigación se benefició de la Teoría de Campos y la estrategia de Inteligencia Artificial para analizar e interpretar los resultados obtenidos con la intervención de Actividades Experimentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática. La investigación fue realizada en la Usina da Paz da Cabanagem, en la Ciudad de Belém en el Estado de Pará, involucrando estudiantes del 5º al 9º grado, de cinco escuelas públicas. La metodología aplica la resolución Matemático-Computacional de ecuaciones de Teoría de Campos en Árboles de Decisión. Los resultados indican cuál es la Interfaz principal para cada período de enseñanza, identificando las fronteras de transición entre estas Interfaces.

PALABRAS CLAVE: *Cuantización del Aprendizaje. Árbol de Decisión. Modelado Matemático-Computacional.*

1. INTRODUÇÃO

Na transmissão da informação matemática, normalmente, o professor utiliza diretrizes em uma sequência de mensagens adequadas à intercomunicação com os estudantes. Para os estudantes, esta informação é interpretada segundo os seus próprios códigos, a partir da qual reconstrói um pensamento com significado. O significado dado pelos estudantes não coincide, necessariamente, com o significado que o professor pretendia transmitir. No caso de uma instrução, espera-se também que o estudante interprete o conteúdo da mensagem transmitida pelo professor como regra de ação. O estudante deve, portanto, interiorizar e memorizar. Isto posto, considera-se que, Atividades Experimentais podem ser aplicadas para esse propósito.

A pesquisa Ensino-Aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia (COSTA *et al.*, 2022) destaca o *Quantum* de Informação como um estado de Entropia. A redução dessa entropia favorece o reconhecimento de padrões de aprendizado, maximizando informação compreendida, mantendo o conteúdo da mensagem que se deseja comunicar. Pois, sendo a Matemática uma invenção da humanidade, ela não pode ter, em sua missão, a propagação de uma frustração na percepção de perpetrar nos estudantes o pensamento de que a Matemática é difícil e, mais grave, impossível de ser aprendida.

Para Brousseau (2002), as Atividades Experimentais (A.E.) garantem que as regras interiorizadas pelos estudantes sejam as mesmas tratadas pelo professor; a ação reduz a ambiguidade da mensagem ao introduzir *feedback*. Considera-se como *feedback* a interferência da situação sobre o aluno. O estudante recebe esta interferência como uma sanção positiva, ou negativa, relativa à sua ação, o que lhe permite regular esta ação, aceitar ou rejeitar uma hipótese, escolher a solução ótima entre várias, ou seja, aquela que aprimore o entusiasmo obtido durante a atividade experimental.

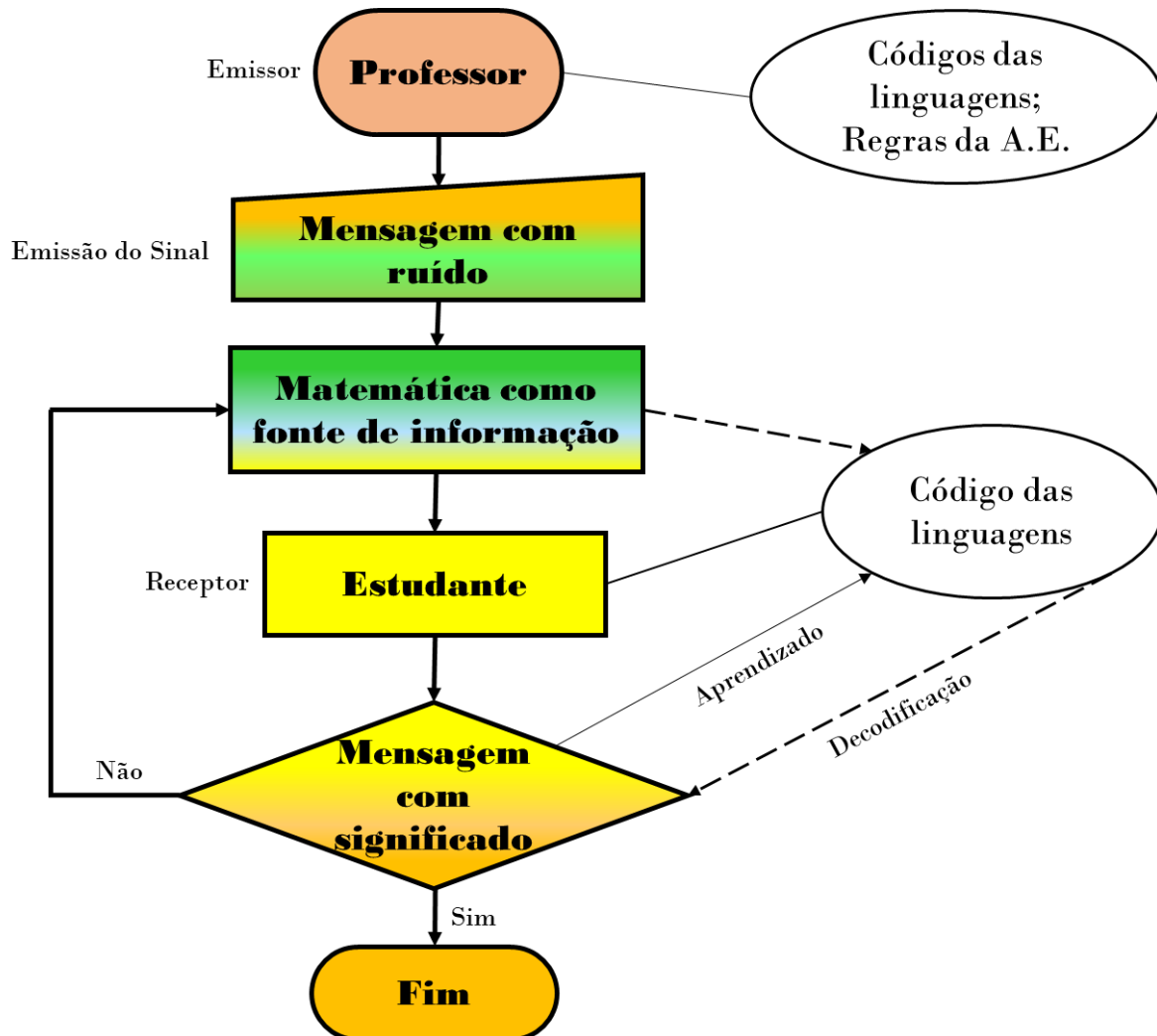
A nitidez da informação, transmitida para os estudantes, foi amplificada executando o algoritmo *feedback*, exibido na Figura 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

Figura 1: Algoritmo *Feedback*.



Fonte: Autores - adaptado de Brousseau, 2002.

Para Mafra e Sá (2023), as Atividades Experimentais podem ser conceituadas como princípios explicativos - no desenvolvimento de ações educacionais e de ensino - cuja sustentação de estrutura e de instrumentalização de ocorrências factuais, em ecossistemas de aprendizagens, estejam sistematizadas na experimentação. Para esses autores, a noção de experimentação assumida para este trabalho, fundamenta-se na capacidade de ação e compreensão fornecida entre os participantes e características envolvidas em procedimentos de aprendizagens, cuja gênese do comportamento, movimentos e processos implicados no saber/fazer educacional, permite constituir conectivos com o ensinar e o aprender.

Para Almeida (2009) o pensamento matemático conjectural não é suscetível de comunicação direta aos estudantes. O autor indica que é necessário que o conhecimento matemático seja modificado e harmonizado, para se converter em informações passíveis de serem ensinados pelos professores e aprendidos pelos estudantes. Entretanto, como é possível avaliar o nível de compreensão da



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabricia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

informação matemática na transição entre as suas principais interfaces: Aritmética, Álgebra e Geometria?

Esta pesquisa tem como principal objetivo identificar as estruturas localizadas entre as interfaces matemáticas Aritmética-Álgebra e Álgebra-Geometria, que conectam, aos pares, os estados do sistema de interesse: o aprendizado matemático. Para essa fase, aplicamos a Teoria de Campos. De acordo com Martin (2003), a Teoria de Campos propõe resolver as equações do movimento geradas pela variação das ações, ao mesmo tempo em que impõe as condições que descrevem o objeto de estudo.

Imaginemos a hipotética situação: entre a cor vermelha do arco-íris e a cor alaranjada e, entre a alaranjada e a cor amarela, há regiões em que ocorrem a transição entre as cores. A Teoria de Campos possibilita a atribuição de valores numéricos a essas cores e, com as análises dos comportamentos nas zonas de transição, consegue identificar “tênuos degraus”, que conectam a interface vermelha à interface amarela, por exemplo. Esses “degraus” apresentam-se nas áreas de transição entre as cores, por conseguinte, é uma estrutura localizada.

O objetivo complementar desse trabalho está associado com o diagnóstico dos comportamentos das zonas de transição entre as interfaces matemáticas. Para isso foi aplicado um modelo de Computação Bioinspirada, denominada Árvore de Decisão. Para Costa *et al.*, (2021a), a Árvore de Decisão consiste em um mecanismo extremamente eficiente e profusamente empregado em problemas de classificação. Um dos motivos para aplicar um procedimento baseado em Inteligência Artificial se dá pelo fato de que o conhecimento adquirido é representado por meio de regras. Essas regras são expressas em linguagem natural, o que facilita a transmissão da informação matemática do professor para os estudantes.

A pesquisa, desenvolvida na Usina da Paz da Cabanagem, em Belém, Capital do Estado do Pará, Brasil, propõe a complementação do ensino de Matemática. Conforme a Secretaria de Estratégia e Articulação da Cidadania (SEAC, 2021), a Usina da Paz é um projeto integrado ao programa Estadual Territórios Pela Paz, desenvolvido pelo Governo do Pará. A Secretaria de Educação (SEDUC, 2023), executa, nesse projeto, umas das principais ações: o acompanhamento do aprendizado de Matemática, objetivando o aprimoramento do conhecimento e a mitigação da evasão escolar.

2. TRANSIÇÃO ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS

A iniciativa proposta pela equipe da Usina da Paz da Cabanagem é que o processo de ensino-aprendizagem de Matemática passe a ser desenvolvido de forma que, os conceitos aritméticos, algébricos e geométricos sejam executados paralelamente. Acredita-se que os estudantes têm facilidade para aprender e operar, simultaneamente, com as três interfaces matemáticas se a transição entre elas for devidamente aglutinada.

Atividades Experimentais com estratégias lúdicas utilizando jogos com dados, xadrez, régua, compasso, transferidor e termômetro foram empregadas em concordância com processos e modelagens computacionais.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

2.1 Da Aritmética para Álgebra

Partindo da Aritmética para Álgebra, Pimentel (2010) insere a pré-álgebra. Essa fase intermediária realiza a conexão entre a Interface I (Aritmética) e a Interface II (Álgebra), apresentando configurações abstratas de lidar com números, com premissas de aspectos tangíveis da Aritmética.

Indicados por Sá (2019), tem-se alguns exemplos de atividades experimentais que foram empregadas nas turmas de 5º e 6º anos: i - Lançando um dado, apenas uma vez, qual a face que ficara voltada para cima (1,2,3,4,5,6)? ii - Qual o número que deveremos adicionar ao 3 para obter a soma igual a 7? iii - Com o auxílio de planilhas eletrônicas, calcule as operações abaixo e registre os resultados obtidos: 3^2 , 4^2 , 2^3 , 1^3 , 0^4 ; com base nos resultados obtidos, descubra como o computador operou para obter os resultados, em cada item.

2.2 Da Álgebra para Geometria

A transição da Álgebra (Interface II) para Geometria (Interface III) pode ser, indubitavelmente, implementada pelas ferramentas computacionais para estudantes do 7º, 8º e 9º anos. *Softwares* como o *GeoGebra* e as linguagens computacionais OCTAVE e o PYTHON podem ser, extraordinariamente, úteis na passagem da Interface II à interface III. Costa *et al.*, (2019), apresentam as operações matemáticas implementadas em linguagem PYTHON de computação. Costa *et al.*, (2021b), exibem modelos matemáticos aplicados à Ciência e Tecnologia em linguagem OCTAVE/MATLAB.

Evidenciados por Sá (2019), tem-se alguns exemplos de atividades experimentais que foram empregadas nas turmas de 7º, 8º e 9º anos: i - Circunscrição de polígonos; ii – Qual a temperatura da água em diferentes ambientes? iii - A que expoente deve-se elevar 2 para obtermos 8? iv - Descobrir uma relação entre a razão do cateto oposto de um ângulo de um triângulo retângulo e a hipotenusa; v – escrever as operações matemáticas, das Atividades Experimentais, em linguagem computacional.

3. METODOLOGIA

3.1 Modelagem Matemática

Na Teoria de Campos, a transição entre dois estados que descreve possíveis configurações para um sistema definido pela aglutinação de todos os prováveis caminhos, pode ser representada através do espaço de função entre essas duas interfaces. Cada um desses caminhos pode ser ponderado pela exponencial do valor da ação ao longo do caminho. Para Liang *et al.*, (2020), esta informação é representada tratando o campo em cada espaço e ponto no tempo como uma variável independente e integrando sobre todos os valores possíveis, conforme a Equação (1).

$$\langle \varphi_b, t_b | \varphi_a, t_a \rangle = \int_{\varphi_a}^{\varphi_b} \overline{D\varphi} \exp \left\{ i \int_{t_a}^{t_b} dt \int_0^L dx \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2 \right] \right\} \quad (1)$$

O modelo (1) é um conjunto de harmônicos acoplados, usado como a função de transição generalizada. Na extensão da análise o elemento de transição é medido, especificamente, com o



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

número de partições adotadas por $\langle \varphi_b, t_b | \varphi_a, t_a \rangle$. As configurações, inicial e final, para as interfaces são dadas especificando as funções reais, em que, as variáveis independentes t e x são interpretadas, respectivamente, como os atributos Magnitude da Frequência (MF – 0 a 100%) do estudante nas atividades e a Quantização do Aprendizado (QA – 0 a 5).

Assumindo que, na Equação (2), N equivale ao número de Atividades Experimentais, uniformemente espaçadas e igualmente quantificadas ao longo do período de aulas, ou seja,

$$dx = \frac{L}{N + 1} \quad (2)$$

A interpretação física para essa dedução está baseada em uma analogia com sistemas mecânicos, em que a quantidade invariante de energia é associada às translações temporais, enquanto o momento espacial está associado às translações espaciais. Sendo assim, a energia entre as interfaces (ou campos) pode ser estimada pela Equação (3).

$$\varphi(t, x) = \sum_{n=1}^N \frac{3}{2} m_n \left(\frac{x_n}{t_n} \right)^2 \quad (3)$$

Sendo m a grandeza que avalia a intensidade de inércia em cada atividade experimental, ou seja, a resistência ao movimento de aprendizagem. Essa resistência é medida em função da densidade de informações *a priori* necessária para desenvolver a atividade, conforme a Equação (4).

$$m = \mu \cdot L \quad (4)$$

Para realizar esta Integral a ação deve ser decomposta em uma soma de Riemann (WAGNER, 2018), e isso pode aumentar a complexidade da avaliação, pois as Derivadas presentes, relacionam o campo em pontos separados. Dessa forma, aplicou-se métodos de Inteligência Artificial para resolver a Integral do caminho e quantizar as dimensões entre as interfaces I - II e II - III.

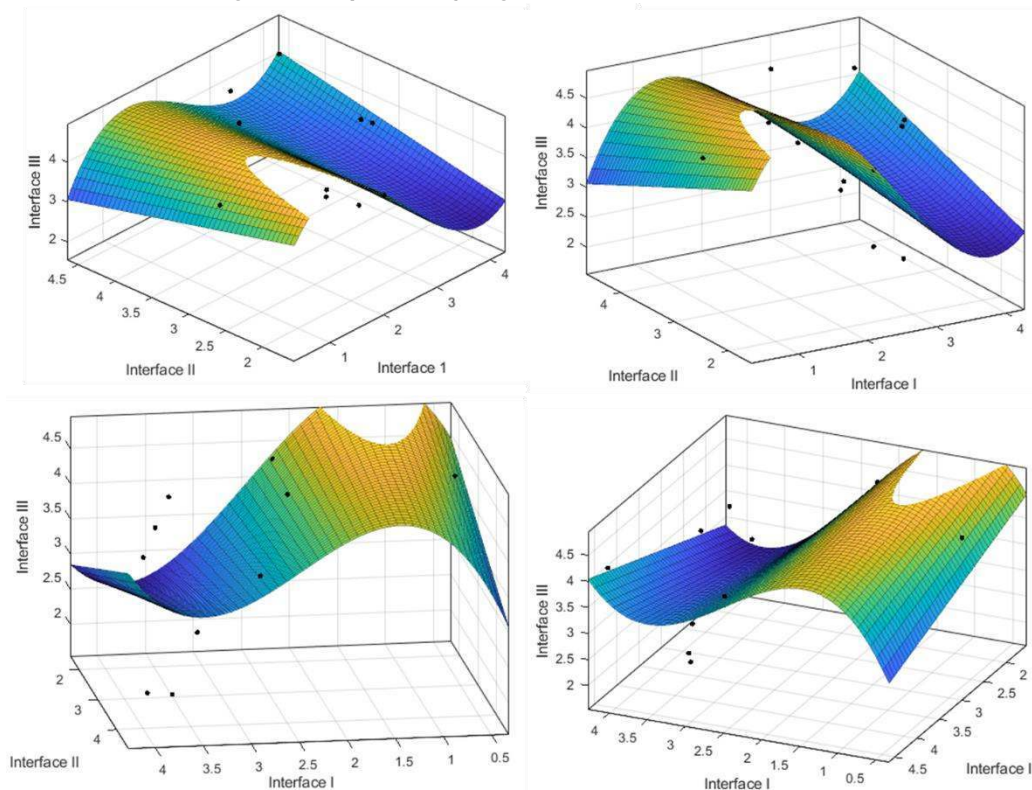
Considerando que a Interface III (Geometria) depende das Interfaces I e II, respectivamente, Aritmética e Álgebra, as Figuras 2, 3 e 4 representam os comportamentos desses 3 (três) Campos, em várias perspectivas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

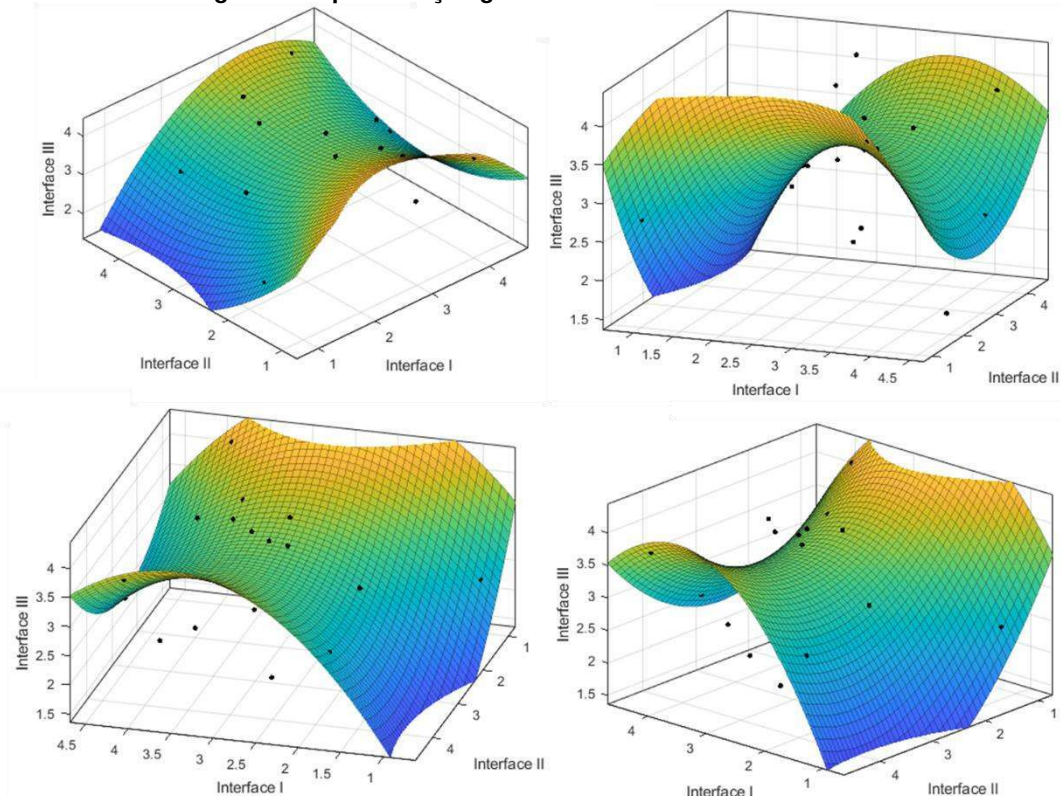
TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
 ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
 Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
 Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

Figura 2: Representação gráfica das Interfaces - 5º ano



Fonte: Autores.

Figura 3: Representação gráfica das Interfaces - 6º e 7º anos



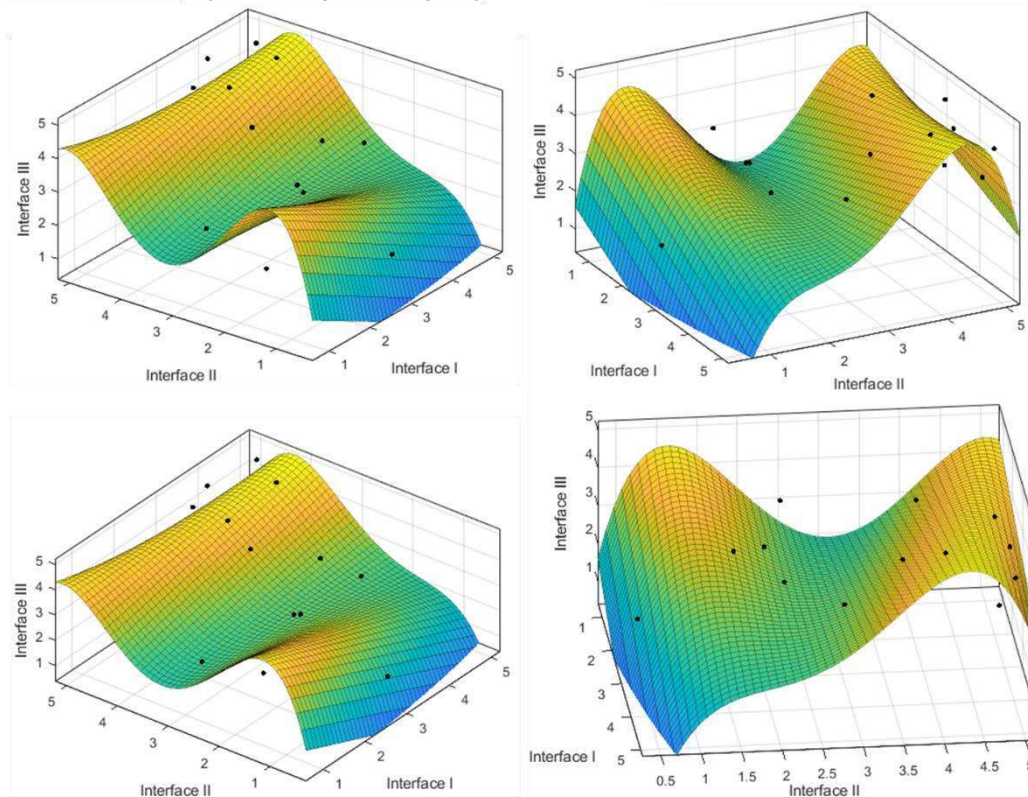
Fonte: Autores.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabricia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

Figura 4: Representação gráfica das Interfaces - 8° e 9° anos



Fonte: Autores.

3.2 Modelagem Computacional

Nessa pesquisa foi adotada a estratégia de Computação Bioinspirada, denominada Árvore de Decisão. Essa metodologia é fundamentada nos Algoritmos de Aprendizado de Máquina (AAM), que segundo Costa et al., (2022), é fundamental na interpretação de grandes conjuntos de dados, pois essa forma de Inteligência Artificial é capaz de perceber harmonias implícitas na menor poção de informações.

A Tabela 1 apresenta um conjunto de dados para classificação, gerado a partir das n -resoluções da Equação (1). Nessa tabela, cada linha representa um cenário e, cada coluna um atributo desse cenário. O atributo *Diagnóstico* é especial, pois apresenta o rótulo da classe para cada caso, ou seja, *Satisfatório* ou *Insatisfatório*.

Tabela 1: Conjunto de dados para diagnóstico das zonas de transição

Cenários	QA de Artimética	QA de Álgebra	QA de Geometria	MF(%)	Diagnóstico
C1	1,7	1,5	2,6	35	Insatisfatório
C2	4,1	2,2	3,8	95	Satisfatório
C3	2,4	4,8	3,1	81	Satisfatório
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
C _n	3,2	1,4	2,3	65	Insatisfatório

Fonte: Autores.

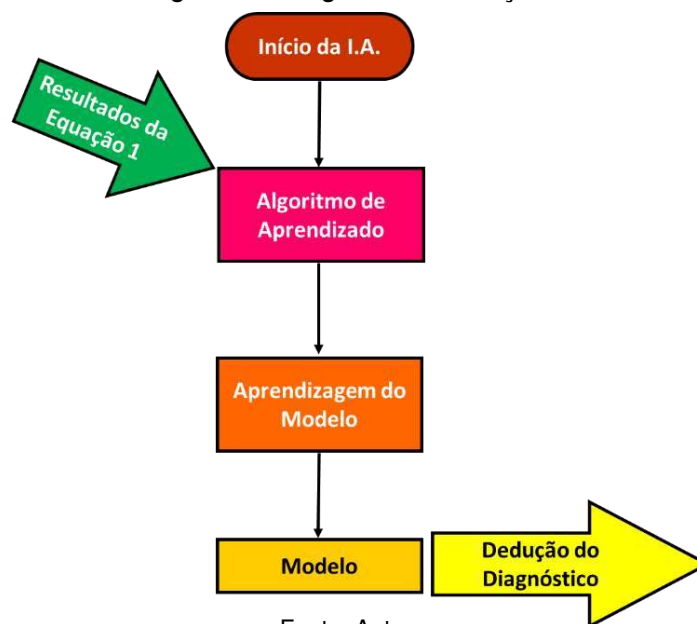


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

A Figura 5 exibe o processo de indução do Algoritmo de Aprendizado de Máquina. O conjunto de treinamento é representado pelos resultados obtidos das análises das notas e do número de atividades executadas por cada estudante. Esses dados são inseridos no algoritmo de aprendizado para se construir o modelo preditivo. Conhecido o classificador ele será aplicado para prever as novas zonas de transição entre as interfaces, suas dimensões de tempo e de espaço, para cada classe estabelecida, ou seja, adequadas às séries em que cada grupo de estudante pertence.

Figura 5: Fluxograma de execução da I.A.



Fonte: Autores.

4. ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi realizada na Usina da Paz da Cabanagem, na Cidade de Belém do Pará, Brasil uma vez que essa instituição desenvolve um acompanhamento das componentes curriculares de Matemática e Língua Portuguesa, agregando estudantes de várias escolas pertencentes ao bairro. As análises foram subdivididas em três estações do ensino fundamental: Estudantes do 5º ano, Estudantes do 6º e 7º anos, Estudantes do 8º e 9º anos.

Todos os casos investigados estão fundamentados na seguinte literatura: Possibilidades do Ensino de Matemática por Atividades (SÁ, 2020); Algumas Considerações Teóricas sobre o Ensino de Matemática por Atividades (FOSSA, 2020); Uma Perspectiva Teórica para o Ensino de Matemática Por Atividades Experimentais (MAFRA; SÁ, 2023).

A resolução Matemática-Computacional, das equações, foi implementada no *software* OCTAVE 7.3.0 (GNU OCTAVE, 2023). O modelo de Inteligência Artificial (IA), denominado Árvore de Decisão (AD), foi desenvolvido no *software* RAPIDMINER 10.1.001 (RAPIDMINER, 2023). Essa estratégia de Computação Bioinspirada foi escolhida por determinar as condições de contorno das interfaces, com excepcional acurácia, e definir regras precisas para a tomada de decisão sobre elas, no processo de ensino-aprendizagem.



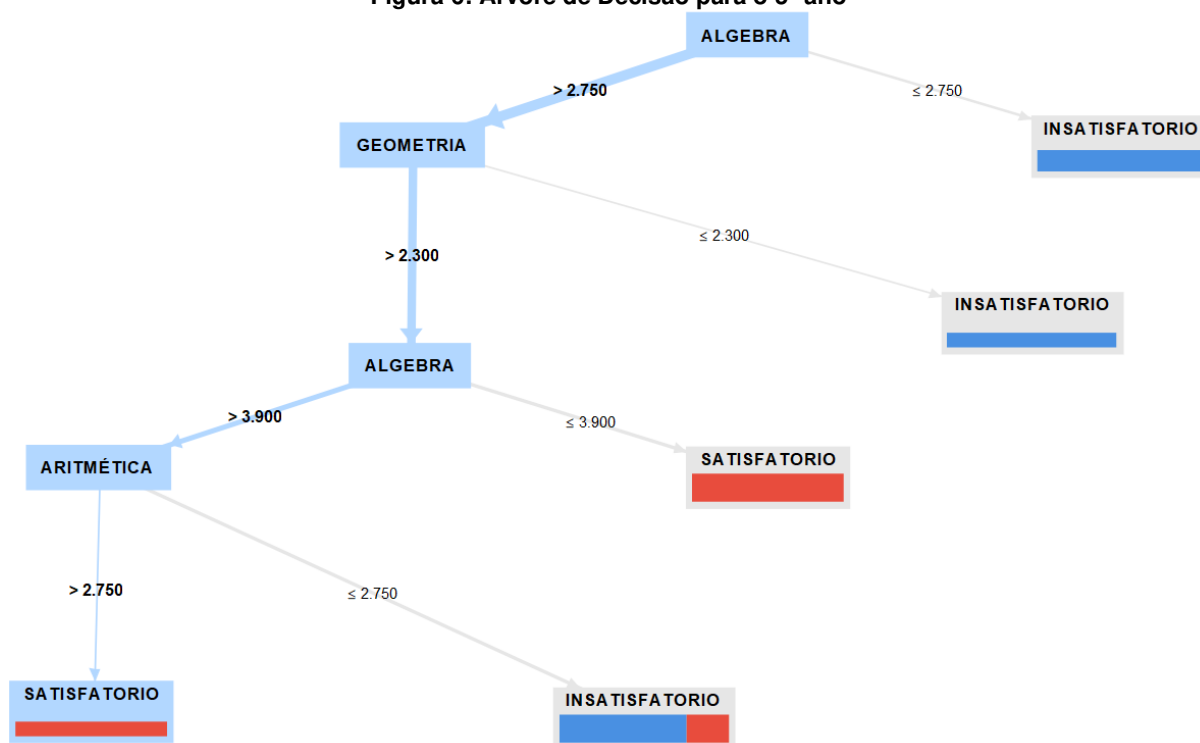
RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caso I: Essa primeira estação avaliou estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental, matriculados na Usina da Paz, a fim complementar seus estudos matemáticos. A Figura 6 representa a árvore que indica as regras para a melhor transição entre os campos, ou seja, entre as Interfaces I, Interfaces II e Interfaces III, respectivamente, Aritmética, Álgebra e Geometria.

Figura 6: Árvore de Decisão para o 5º ano



Fonte: Autores.

De acordo com o padrão reconhecido de pela IA, apresentado na AD, a principal interface é a II, ou seja, Álgebra. Dessa forma, para que os estudantes do 5º ano desenvolvam uma boa transição entre os campos da Aritmética, Álgebra e Geometria é necessário que as suas avaliações obedeam às seguintes regras:

- i. $2,75 < \text{Álgebra} < 3,90 \rightarrow \text{Geometria} > 2,30$ ou
- ii. $\text{Geometria} > 2,30 \rightarrow \text{Álgebra} > 3,90 \rightarrow \text{Aritmética} > 2,75$

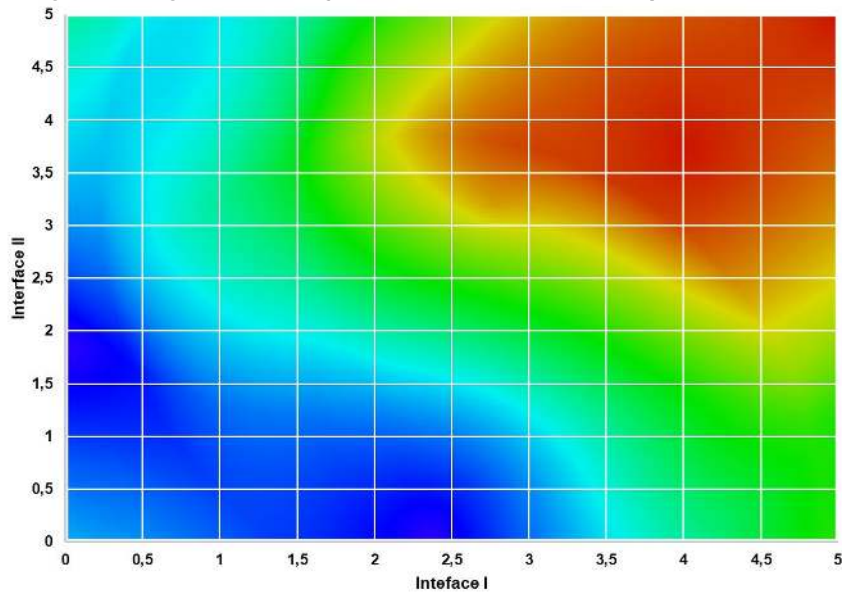
A Figura 7 exhibe as Interfaces I e II, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

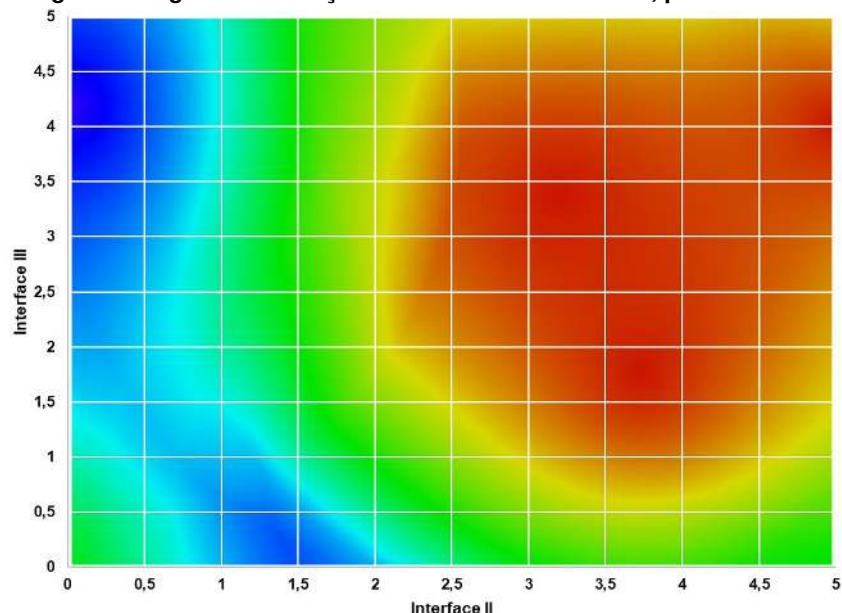
Figura 7: Região de transição entre as Interfaces I e II, para o 5º ano



Fonte: Autores.

A Figura 8 exibe as Interfaces II e III, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.

Figura 8: Região de transição entre as Interfaces II e III, para o 5º ano



Fonte: Autores.

Nas Figuras 7 e 8, as regiões azuladas indicam que o aprendizado foi INSATISFATÓRIO, as regiões avermelhadas apontam um aprendizado SATISFATÓRIO e, as regiões esverdeadas classificam a transição entre esses dois estados. Percebe-se que as regiões de fronteira, entre esses três campos, são formadas por estruturas não-regulares, destacando que o aprendizado matemático não ocorre uniformemente e, nesse caso, deverá ser orientado pela Interface II, a Álgebra.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

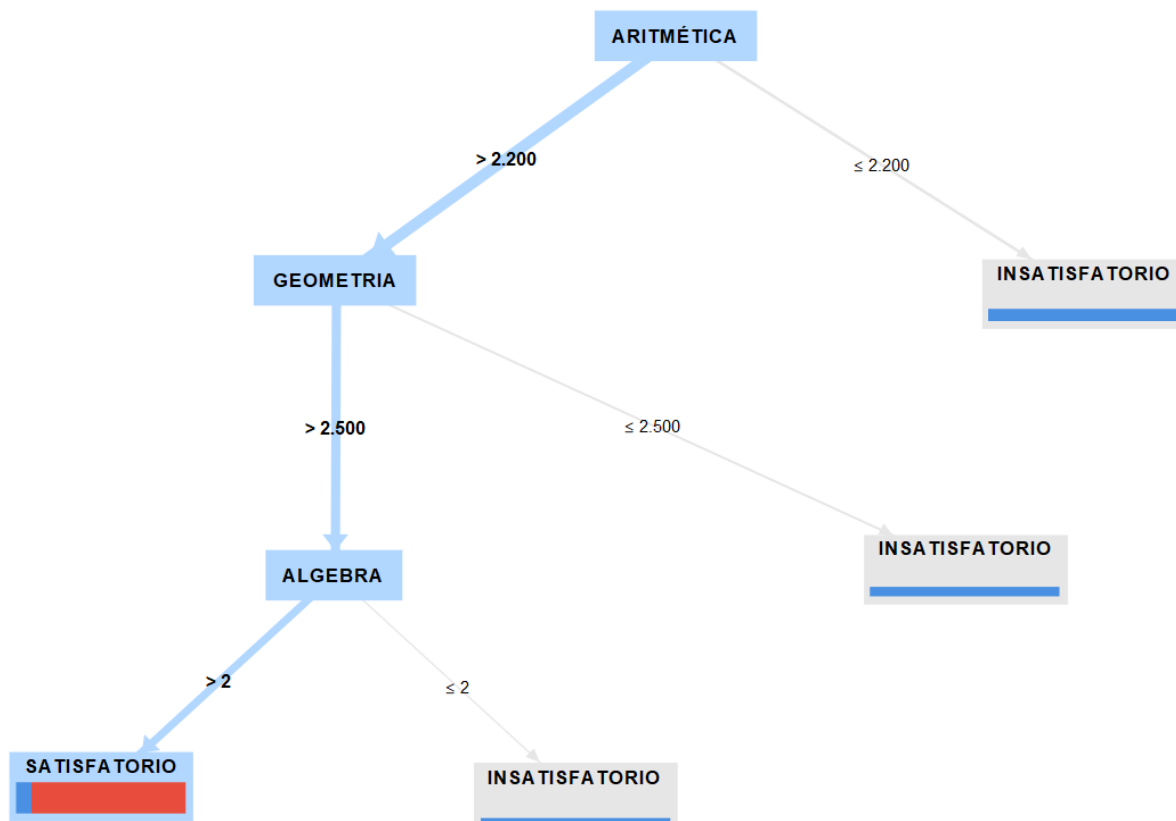
TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

Caso II: Essa segunda estação avaliou estudantes do 6° e 7° anos do Ensino Fundamental, matriculados na Usina da Paz, a fim complementar seus estudos matemáticos. A Figura 9 representa a árvore que indica as regras para a melhor transição entre os campos, ou seja, entre as Interfaces I, Interfaces II e Interfaces III, respectivamente, Aritmética, Álgebra e Geometria.

De acordo com o padrão reconhecido de pela IA, apresentado na AD, a principal interface é a I, ou seja, Aritmética. Dessa forma, para que os estudantes do 6° e do 7° anos desenvolvam uma boa transição entre os campos da Aritmética, Álgebra e Geometria é necessário que as suas avaliações obedecem à seguinte regra:

- i. $Aritmética > 2,20 \rightarrow Geometria > 2,50 \rightarrow Álgebra > 2,00$

Figura 9: Árvore de Decisão para os 6° e 7° anos



Fonte: Autores.

Nas Figuras 10 e 11, as regiões azuladas indicam que o aprendizado foi INSATISFATÓRIO, as regiões avermelhadas apontam um aprendizado SATISFATÓRIO e, as regiões esverdeadas classificam a transição entre esses dois estados. Percebe-se que as regiões de fronteira, entre esses três campos, são formadas por estruturas não-regulares, destacando que o aprendizado matemático varia de forma não-uniforme e, nesse caso, deverá ser orientado pela Interface I, a Aritmética.

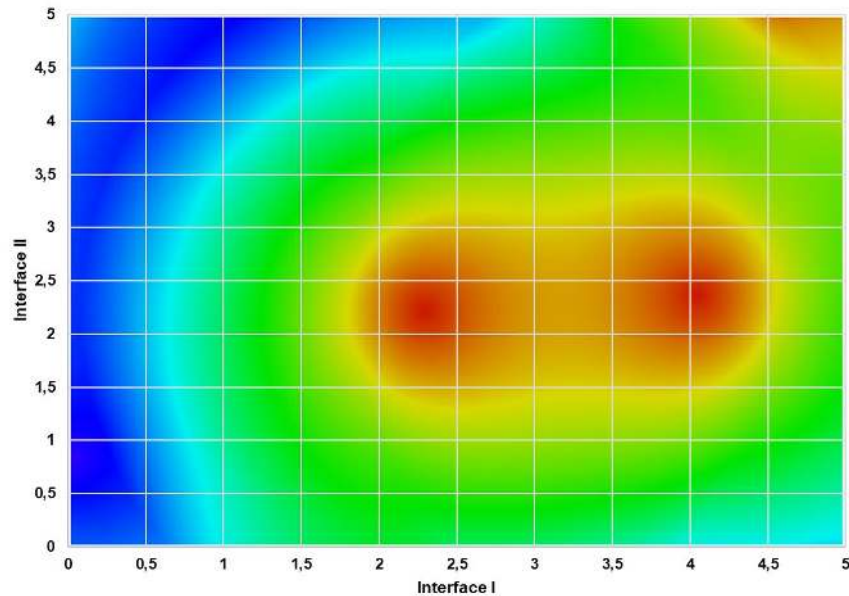
A Figura 10 exhibe as Interfaces I e II, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

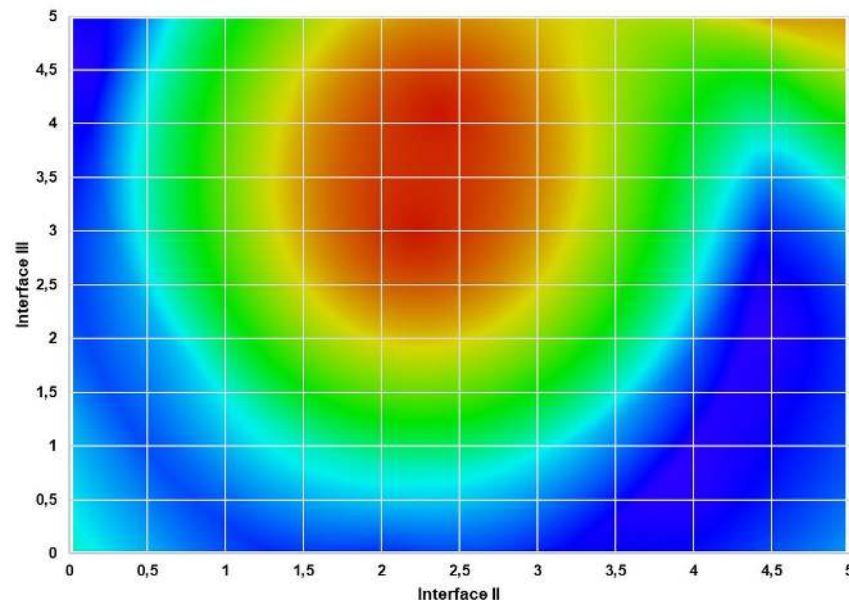
Figura 10: Região de transição entre as Interfaces I e II, para os 6° e 7° anos



Fonte: Autores.

A Figura 11 exibe as Interfaces II e III, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.

Figura 11: Região de transição entre as Interfaces II e III, para os 6° e 7° anos



Fonte: Autores.

Caso III: A terceira estação avaliou estudantes do 8° e 9° anos do Ensino Fundamental, matriculados na Usina da Paz, a fim complementar seus estudos matemáticos. A Figura 12 representa

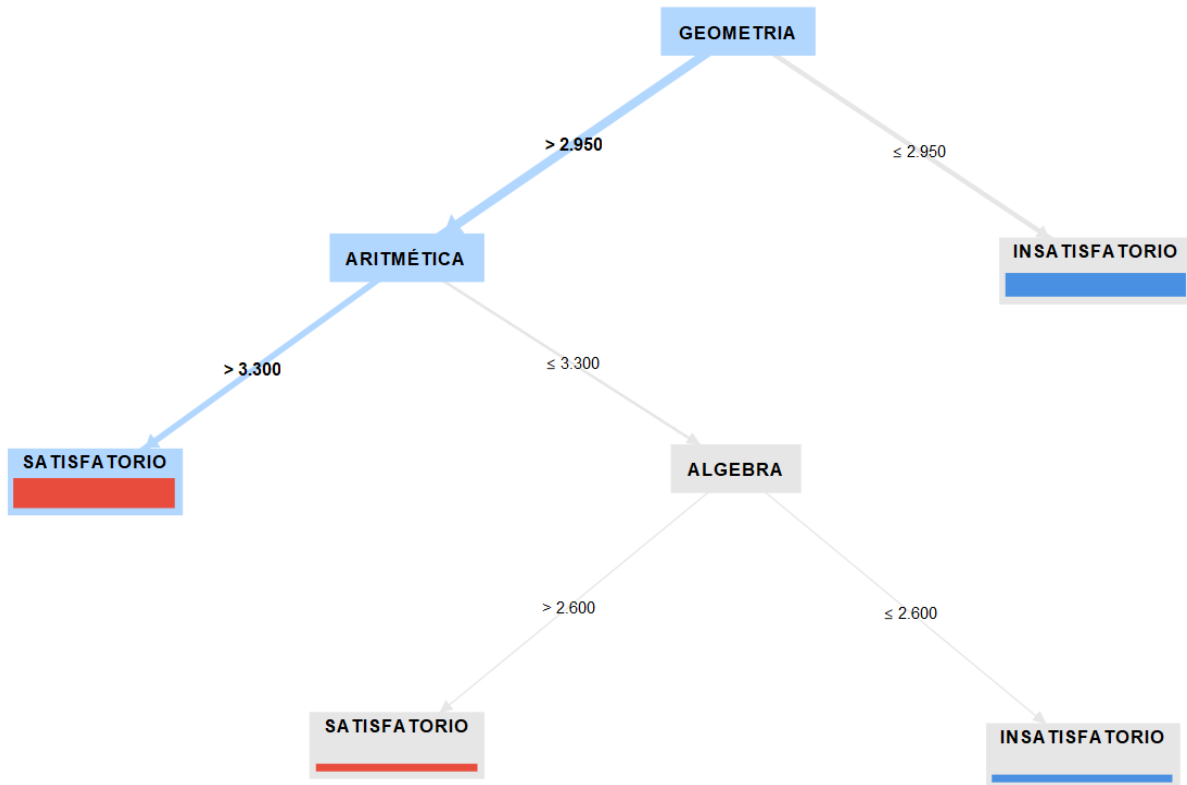


RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

a árvore que indica as regras para a melhor transição entre os campos, ou seja, entre as Interfaces I, Interfaces II e Interfaces III, respectivamente, Aritmética, Álgebra e Geometria.

Figura 12: Árvore de Decisão para os 8° e 9° anos.



Fonte: Autores.

De acordo com o padrão reconhecido de pela IA, apresentado na AD, a principal interface é a III, ou seja, Geometria. Dessa forma, para que os estudantes do 8° e do 9° anos desenvolvam uma boa transição entre os campos da Aritmética, Álgebra e Geometria é necessário que as suas avaliações obedeam às seguintes regras:

- i. $Geometria > 2,95 \rightarrow Aritmética > 3,30$ ou
- ii. $Geometria > 2,95 \rightarrow Aritmética \leq 3,30 \rightarrow Álgebra > 2,60$

Nas Figuras 13 e 14, as regiões avermelhadas apontam um aprendizado SATISFATÓRIO, as regiões azuladas indicam que o aprendizado foi INSATISFATÓRIO e, as regiões esverdeadas classificam a transição entre esses dois estados. Percebe-se que as regiões de fronteira, entre esses três campos, são formadas por estruturas não-regulares, destacando que o aprendizado matemático não ocorre de forma uniforme e, nesse caso, deverá ser orientado pela Interface III, a Geometria.

A Figura 13 exhibe as Interfaces I e II, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.

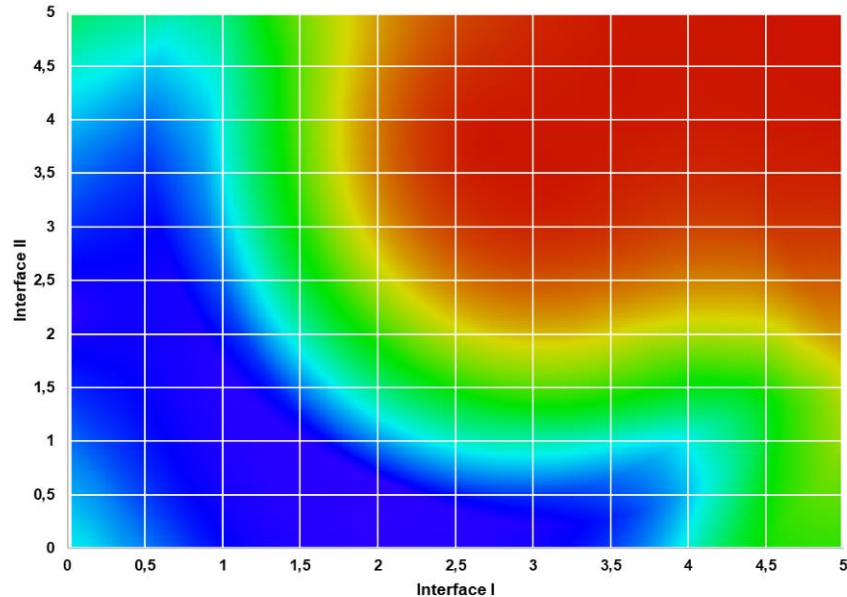
RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

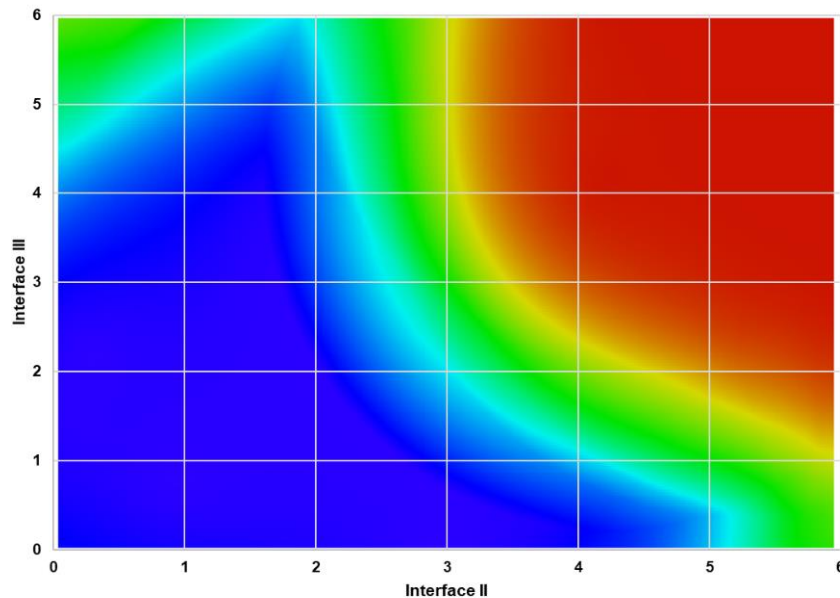
Figura 13: Região de transição entre as Interfaces I e II, para os 8° e 9° anos



Fonte: Autores.

A Figura 14 exibe as Interfaces II e III, identificadas pela IA, bem como a região de transição, do nível de aprendizado matemático, contida entre elas.

Figura 14: Região de transição entre as Interfaces II e III, para os 8° e 9° anos



Fonte: Autores.

Conforme apresentado nas Figuras 6, 9 e 12, percebe-se que, para cada estação de aprendizado, obteve-se diferentes interfaces como principal campo de controle. A Tabela 2 retrata esses padrões obtidos pela Inteligência Artificial.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

Tabela 2: Interface prioritária identificada pela Árvore de Decisão

Estação	Interface de controle
5º ano	Álgebra
6º e 7º anos	Aritmética
8º e 9º anos	Geometria

Fonte: Autores.

6. CONSIDERAÇÕES

Este artigo abre um diálogo entre os processos de ensino e aprendizado de Matemática mediado por um programa estadual qualificado como Território pela Paz. Por meio da pesquisa científica, buscou-se entender a melhor configuração para os estudos de Matemática, com a finalidade de aprimorar essa área do conhecimento e reduzir a evasão escolar, principalmente nas instituições públicas.

Entendendo que a Matemática pode ser subdividida em três grandes dimensões, aplicou-se a Teoria de Campos para interpretar como essas regiões se comportam e como ocorre a transição de uma para outra. Essas três áreas, Aritmética, Álgebra e Geometria, foram denominadas Interfaces I, II e III, respectivamente.

Para quantificar a amplitude de cada interface foram aplicadas Atividades Experimentais aos estudantes do 5º, 6º, 7º, 8º e 9º anos do ensino fundamental. Para mensurar o rendimento de cada aluno, considerou-se que as variáveis independentes, nota e frequência, definem a magnitude da energia de aprendizado. O conjunto resultante dos resultados obtidos, para cada componente energética, produz os campos, ou como foram chamados, Interfaces Matemáticas.

O espaço de cada Interface, assim como o seu grau de influência na série avaliada, fora identificado por meio de uma estratégia de Computação Bioinspirada conhecida por Árvore de Decisão. Esse método, respaldado em Inteligência Artificial, permitiu conhecer as formas de cada Interface e a extensão das zonas de transição. Por consequência, tem-se uma métrica que possibilita estimar se um grupo de estudantes apresenta conhecimento satisfatório sobre determinado tema ensinado, se está em fase de transição, ou ainda, se o conhecimento é insatisfatório.

Para futuros trabalhos, investiga-se a produção de um conjunto solução ótimo, capaz de avaliar como notas e frequências são influenciadas por variáveis sociais. Para essa análise, pretende-se aplicar outra modalidade de Inteligência Artificial, também amparada em Computação Bioinspirada, designada Algoritmo Genético.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. E. L. **O Contrato Didático na Passagem da Linguagem Natural para Linguagem Algébrica e na Resolução da Equação na 7ª Série do ensino Fundamental**. 2009. Dissertação (Mestrado) - UFRPE, Recife, 2009.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

BROUSSEAU, Guy. **Theory of Didactical Situations in Mathematics**. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2002. E-Book ISBN: 0-306-47211-2.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; MENESES, Lair A. de; LIMA, Mara L. V. de; REIS, A. C. F.; PINHEIRO, H. F. B.; COSTA, E. F. da; SILVA, A. R. dos S. da; REIS, A. C. F.; RAIOL, F. M.; SANTOS, R. C. P. dos. Thermoelectric generation with reduced pollutants made possible by bio-inspired computing. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e7611124568, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24568. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24568>.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; NEVES, Lucas P. **Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais**. Belém, PA: SINEPEM-IFPA, 2019.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; Silva, Hugo C. M. da; SILVA, Silvio T. T. da. **Matemática Computacional Aplicada à Ciência e Tecnologia**. Belém, PA: SINEPEM-IFPA. 2021b.

COSTA, Denis C. L.; ROSÁRIO, Danileno M. do; SUZUKI, Júlio C. **Ensino-Aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia**. São Paulo: FFLCH/USP, 2022. v. 3. ISBN 978-85-7506-411-5. DOI 10.11606/9788575064115. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/865/780/2863>.

COSTA, Heictor A. de O.; COSTA, Denis C. L.; FRANCÊS, Carlos R.; GOMES, Larissa L.; ROCHA, E. M.; ANDRADE, S. H. Fractional Order Differential Calculus Applied on Decision Making System to Smart Grid Management via Decision Trees. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 16, p. e38101623387, 2021a. DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23387. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23387>

FOSSA, John A. Algumas Considerações Teóricas sobre o Ensino de Matemática por Atividades. **REMATEC: Revista de Matemática, Ensino e Cultura**, Ano 15, n. 35, p.10-26, 2020. ISSN: 2675-1909. DOI: <http://dx.doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2020.n15.p10-26.id283>.

GNU OCTAVE. **High-level language, primarily intended for numerical computations**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://octave.org/>.

LIANG, HongJing; LIU, JinSheng; WANG, Rong; SONG, YaQin; ZHOU, YuanYuan. Application Research of Field Theory in the Problem of Colleges and Universities Innovation Team Aggregation. Hindawi. **Mathematical Problems in Engineering**, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5376184>

MAFRA, José R. e S.; SÁ, Pedro F. de; Uma Perspectiva Teórica Para o Ensino de Matemática por Atividades Experimentais. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 13, p. 01-21, 2023. DOI: 10.24065/2237-9460.2023v13n1ID1981. ISSN 2237-9460.

MARTIN, John L. What Is Field Theory?. **American Journal of Sociology**, v. 109, n. 1, p. 1-49, 2003. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/10.1086/375201>.

PIMENTEL, D. E. **Metodologia da resolução de problemas no planejamento de atividades para a transição da aritmética para a álgebra**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2010.

RAPIDMINER. **Data Science Platform**. [S. l.: s. n.], 2023. <https://rapidminer.com/>.

SÁ, Pedro F. de. Possibilidades do Ensino de Matemática por Atividades. In: **Simpósio Nacional sobre o Ensino e Pesquisa de Matemática no Contexto da Educação, Ciência e Tecnologia - SINEPEM**. Belém – Pa. 2019. ISBN 978-85-62855-97-9 (V. 7), ISBN 978-85-62855-87-0 (Coleção).

SEAC. Secretaria de Estratégia e Articulação da Cidadania. **Usinas da Paz**. Belém, PA: Seac, 2022. <http://www.seac.pa.gov.br/content/usinas-da-paz>

RECIMA21 - Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

TEORIA DE CAMPOS E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL INTEGRADAS NA ANÁLISE DAS TRANSIÇÕES
ENTRE AS INTERFACES MATEMÁTICAS
Denis Carlos Lima Costa, Dener Francisco Ferreira da Silva, Fabrícia Ribeiro,
Renata Pinheiro Chaves, Heictor Alves de Oliveira Costa

SEDUC. Secretaria de Estado de Educação. Belém, PA: Seduc, 2023. <https://www.seduc.pa.gov.br/>.

WAGNER, Joseph F. Students' Obstacles to Using Riemann Sum Interpretations of the Definite Integral.
Int. J. Res. Undergrad. Math., Ed. 4, p. 327–356, 2018. <https://doi.org/10.1007/s40753-017-0060-7>