

## **EXPRESSÕES FACIAIS EM SISTEMAS SOCIOENATIVOS PARA AMBIENTE EDUCACIONAL**

**Diego Addan Gonçalves<sup>1</sup>, Maria Cecilia Calani Baranauskas<sup>2</sup>, Ricardo Edgard Cacefo<sup>3</sup> e José Armando Valente<sup>4</sup>**

### **Resumo**

A computação ubíqua e pervasiva, implica no uso de sistemas computacionais com sensores e atuadores, compartilhando diferentes interfaces e presentes em qualquer tipo de objeto, de modo que tarefas computacionais sejam realizadas de maneira natural e imersiva pelo usuário, muito utilizado educacionalmente em resolução de tarefas utilizando artefatos e ações com tecnologia embutida. Da perspectiva da enação, o acoplamento destes artefatos tecnológicos, cujo processo de produção de sentido ocorre a partir da relação entre um sujeito e um mundo a partir do sistema sensório-motor (ação e percepção). Neste contexto, a presença do fator social desenvolve um papel relevante nos sistemas computacionais atuais, sendo o principal elemento de Sistemas Socioenativos. Na educação, as dimensões sociais e tecnológicas têm explorado Sistemas Socioenativos com objetivo de fomentar interações por meio de ação fazendo emergir processos de aprendizado que utilizam corporificação de artefatos ubíquos e resolução de tarefas em grupo. Estes sistemas, no entanto, carecem da inserção de entradas fisiológicas que possam indicar no decorrer da experiência comportamentos das pessoas que indiquem novas interações na camada tecnológica. Este trabalho propõe uma análise e classificação automática de emoções que atua como entrada de dados fisiológicos em Sistemas Socioenativos e podem direcionar novos comportamentos do sistema baseado em eventos sociais tornando a experiência enativa através do ciclo de feedback do sistema computacional com as pessoas. Foram identificadas relações entre estados de emoção positivos e interações presentes em um Sistema Socioenativo aplicado a ambiente educacional para crianças entre 5 anos de idade, apontando como estas classificações de emoções podem acionar novos comportamentos através de técnicas de aprendizado de máquina tornando a experiência mais produtiva e divertida.

**Palavras-chave:** Socioenativo, Educação Infantil, Embodiment

## **FACIAL EXPRESSIONS IN SOCIOENACTIVE SYSTEMS FOR THE EDUCATIONAL ENVIRONMENT**

### **Abstract**

Pervasive and ubiquitous computing implies the use of computational systems with sensors and actuators, sharing different interfaces and present in any type of object, so that computational tasks are performed in a natural and immersive way by the user. From the perspective of enaction, the coupling of these technological artifacts, whose process of production of meaning occurs from the relationship between a subject and a world from the sensorimotor system (action and perception). In this context, the presence of the social factor plays a relevant role in current computational systems, being the main element of Socioenative Systems. In education, the social and technological dimensions have explored Socioenative Systems with the aim of fostering interactions through action, making learning processes emerge that use the embodiment of ubiquitous artifacts and group task resolution.

<sup>1</sup> Doutor em Ciência da Computação (UFPR), UFPR, Docente, e-mail: diegoaddan@gmail.com

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Elétrica (UNICAMP), UNICAMP, Professora Colaboradora, e-mail: cecilia@unicamp.br

<sup>3</sup> Doutor em Ciência da Computação (UNICAMP), UNIVESP, Assessor Técnico da Presidência, e-mail:

<sup>4</sup> Doutorado em Bioengenharia e Educação (MIT), UNICAMP, Docente, e-mail: valente@unicamp.br

These systems, however, lack the insertion of physiological inputs that can indicate, in the course of the experience, people's behaviors that indicate new interactions in the technological layer. This work proposes an automatic analysis of emotions applied to Socioenative Systems that can direct new system behaviors based on social events, making the experience enactive through the feedback loop of the computational system with people. Relationships between positive affective states and interactions present in a Socioenative System applied to an educational environment for children aged 5 years were identified, also indicating how these classifications of emotions can trigger new behaviors through machine learning techniques, making the experience more productive and fun.

**Keywords:** Socioenative, Child education, Embodiment

## **EXPRESIONES FACIALES EN SISTEMAS SOCIOENACTIVOS PARA EL ENTORNO EDUCATIVO**

### **Resumen**

La computación ubicua y generalizada implica el uso de sistemas computacionales con sensores y actuadores, compartiendo diferentes interfaces y presentes en cualquier tipo de objeto, para que las tareas computacionales sean realizadas de forma natural e inmersiva por parte del usuario, ampliamente utilizado educativamente en la resolución de tareas utilizando artefactos y acciones con tecnología embebida. Desde la perspectiva de la enacción, el acoplamiento de estos artefactos tecnológicos, cuyo proceso de producción de sentido se da a partir de la relación entre un sujeto y un mundo desde el sistema sensoriomotor (acción y percepción). En este contexto, la presencia del factor social juega un papel relevante en los sistemas computacionales actuales, siendo el elemento principal de los Sistemas Socioenativos. En educación, las dimensiones social y tecnológica han explorado los Sistemas Socioenativos con el objetivo de fomentar interacciones a través de la acción, dando lugar a procesos de aprendizaje que utilizan la incorporación de artefactos ubicuos y la resolución de tareas grupales. Estos sistemas, sin embargo, carecen de la inserción de insumos fisiológicos que puedan indicar, en el transcurso de la experiencia, comportamientos de personas que indiquen nuevas interacciones en la capa tecnológica. Este trabajo propone un análisis y clasificación automática de emociones que actúa como entrada de datos fisiológicos en los Sistemas Socioenativos y puede dirigir nuevos comportamientos del sistema basados en eventos sociales haciendo activa la experiencia a través del circuito de retroalimentación del sistema computacional con las personas. Se identificaron relaciones entre estados emocionales positivos e interacciones presentes en un Sistema Socioenativo aplicado a un ambiente educativo para niños entre 5 años de edad, señalando cómo estas clasificaciones de emociones pueden desencadenar nuevos comportamientos a través de técnicas de aprendizaje automático, haciendo la experiencia más productiva y divertida.

**Palabras-clave:** Socioenativo, Educación infantil, Encarnación

### **Introdução**

O acoplamento dinâmico corpo-tecnologia das tecnologias ubíquas e pervasivas pode ser visto a partir da perspectiva de sistemas enativos, que não têm uma interação guiada por objetivos. Esse tipo de sistema é baseado no conceito de enação proposto por Bruner (1966), o qual diz que uma pessoa experimenta o mundo por meio do processo “aprender fazendo”. Esta visão de Bruner está relacionada ao que Varela entende por enação: ação

perceptualmente guiada a partir de estruturas cognitivas que emergem a partir de estruturas sensorio-motoras recorrentes, que permitem que a ação seja perceptualmente guiada (VARELA, 2003).

Desta forma, para a enação, o processo de produção de sentido ocorre a partir da relação entre um sujeito e um mundo a partir do sistema sensorio-motor (ação e percepção), isto é, a pessoa conhece o mundo a partir do momento que ela vive e age neste mundo; e o mundo se constitui, mutuamente com o sujeito, a partir do momento em que esse sujeito atua sobre ele (KAIPAINEN, 2011). A premissa para que isso ocorra é a interação encarnada/acoplada, (embodied), guiada pelo envolvimento do corpo em um ambiente.

Em Sistemas Socioenativos a interação é dirigida pela presença espacial e envolvimento do corpo de agentes humanos sem o pressuposto de um controle explícito do sistema. A enação se relaciona com trocas cíclicas de informações do humano com a máquina permitindo uma interação fluida no tempo entre eles (BARANAUSKAS et al., 2021). Os Sistemas Socioenativos presentes na literatura, no entanto, carecem do uso de dados não-intencionais (CACEFFO et al., 2019)(VALENTE et al., 2020), como informações fisiológicas ou emocionais e uma inteligência computacional aplicada que possa interpretar estas informações transformando o comportamento do sistema a fim de fomentar interações positivas e que fomentem a dimensão social da experiência. Estes recursos têm o potencial de incrementar o aprendizado em atividades em grupo que utilizem ações corporais como dinâmica de interação.

Este trabalho apresenta um modelo de classificação automática de emoções e uma análise que relaciona as dimensões socioenativas com as diretrizes de acessibilidade e interações que permitem o ciclo de feedback do sistema baseado em informações fisiológicas do usuário e interações por meio de ações corporificadas. Este ciclo de feedback baseia-se na ideia de enação onde usuários e sistemas computacionais afetam e são afetados. Assim, considerando o impacto positivo nas emoções das pessoas através da ação e percepção, o aprendizado em grupo é fomentado emergindo experiências produtivas e positivas em ambientes educacionais.

## **Fundamentação Teórica**

Sistemas Socioenativos consideram o fator do social em que a interação entre as pessoas, afeta e é afetada de forma acoplada ao sistema computacional interativo (SANTOS et al., 2019). A interação se desenvolve por interfaces espacialmente presentes, fazendo uso de

sensores e análise de dados em interações físicas e imersivas, utilizando uma multiplicidade de dispositivos e sentidos. Segundo os autores, nestes ambientes, a computação afetiva visa que sistemas possam reconhecer, sentir, interpretar e inferir emoções humanas, e alcançar Sistemas Socioenativos tendo a afetividade na interação como elemento essencial é um problema de pesquisa em aberto.

Silva define que um ciclo Socioenativo ocorre quando novos componentes permitem um acoplamento maior das pessoas com o sistema, capturando, por exemplo, sinais fisiológicos que realimentam o sistema agregando outras informações relacionadas aos aspectos afetivos (SILVA et al., 2019). O objetivo é criar ciclos enativos possibilitando aos elementos humanos ações perceptualmente guiadas no ambiente. Desta forma, as ações sociais capturadas e percebidas computacionalmente poderão afetar a tecnologia e o processamento dessas ações levará a saídas computacionais no ambiente que poderão afetar o contexto social.

Para se integrar aspectos afetivos como dados de entrada que alteram o comportamento do sistema, este trabalho propõe a classificação de emoções em ambiente Socioenativo, utilizando o rastreamento e classificação como dados fisiológicos que permitirão a dimensão tecnológica gerar saídas baseadas nas pessoas e suas interações, de forma dinâmica utilizando uma regra ontológica baseada em ações dos usuários como resposta aos desafios propostos de resolução de tarefas em grupo aplicados a ambientes educacionais.

### **Classificação Automática De Emoções Em Sistemas Socioenativos**

Os efeitos da experiência enativa nas pessoas envolvidas podem ser observados analisando os aspectos sociais (interação entre as crianças) onde podem emergir padrões de interação através do uso de artefatos pervasivos, além do uso do corpo e da atuação social de um participante com o outro. O uso de inteligência computacional é utilizado para definir novas ações do sistema através de feedback dos participantes, permitindo a adaptabilidade do sistema e ambiente de acordo com as respostas fisiológicas (rastreadas a partir de classificação automática de expressões faciais).

Os experimentos deste trabalho tiveram a aprovação do comitê de ética da [removido para review] no edital [removido para review. Informações nas notas do editor]. Para os testes, foram utilizados vídeos de uma oficina baseado em um Sistema Socioenativo desenvolvido para ambiente educacional (omitido para blind review), onde alunos tinham de levar um robô

mBot até um ponto no cenário através de comandos direcionais ativados por posicionamento de botas com sensores de proximidade. Esta oficina não possuía inteligência computacional aplicada e não considerou em suas entradas o ciclo de feedback com o usuário.

Utilizando técnicas de Aprendizado de Máquina como o rastreamento de pontos de interesse, nesse caso a posição das crianças e do robô, é possível identificar padrões de alterações de comportamento que sugerem ações em grupo, ações coordenadas, liderança, entre outras características importantes na construção de aprendizado através da ação. Algoritmos como Dense Optical Flow implementado na linguagem de programação Python e as bibliotecas OpenCV, numpy e Sklearn, permitem rastrear pontos de interesse e classificar padrões identificando elementos de interesse na cena (GONÇALVES et al., 2020).

A implementação de simulações de situações com entradas fisiológicas iniciaram com um programa de escrita e leitura de datasets paralelo que permitirá gerenciar as entradas de dados, e gerar assim comandos de teclado para o mBot que podem ser mapeados com ações como direção de movimento. Em seguida foram iniciadas implementações de reconhecimento de expressões faciais “in the wild”, que significa a classificação de emoções base em entradas de vídeo gravadas de forma amadora, ou sem seguir protocolos de gravação específicos.

A arquitetura proposta para uma oficina de um Sistema Socioenativo completo utiliza um sistema gerenciador, responsável pela comunicação dos comandos do mBot e da leitura e processamento dos sinais fisiológicos capturados de artefatos vestíveis com tecnologia acoplada (que pode ser uma leitura de sensores pervasivos ou classificação automática de emoções), um processo de parser é integrado. Este algoritmo de parser será responsável por identificar padrões nos sinais fisiológicos capturados utilizando aprendizado de máquina, e a partir da classificação atual, definir ações específicas para o robô, que pode mudar de comportamento baseado nas leituras fisiológicas tornando as interações do sistema mais acopladas (enativas).

Os dispositivos de leitura de dados fisiológicos podem ser acoplados a luvas nas crianças com ações definidas pela narrativa do cenário, que podem capturar informações como batimentos cardíacos (Heart Rate) ou eletrocardiograma (ECG). Estes dados, de forma geral, podem ser registrados com formato de notação como XML ou JSON, sendo valores numéricos encadeados que possibilitam a relação de padrões e identificação de alterações sequenciais.

Dessa forma, o comportamento do robô pode ser definido por estes padrões, como aumentar ou diminuir sua velocidade dependendo da classificação dos dados fisiológicos, ou alterar a direção em que o robô caminha.

Para sistemas socioenativos espera-se que sejam usadas entradas múltiplas. Estas leituras podem ser comparadas com coding e resultados de Ground Theory apontando o impacto de cenários socioenativos em contextos educacionais para crianças. Classificação automática de expressões faciais é um input acessível que independe de interação direta por periféricos tradicionais, e prevista no ciclo de feedback com o usuário definido para Sistemas Socioenativos (Baranauskas et al., 2021).

Neste sentido, foram feitos experimentos pilotos de reconhecimento e classificação de expressões faciais das crianças participantes da oficina, onde as emoções eram parte da narrativa e das interações. O método usado para reconhecer emoções em vídeos usa rastreamento de características faciais para pontos de referência extraídos usando Padrão Binário Local (LBP) e Análise de Componentes Principais (PCA). A técnica usa Action Units faciais (UAs) e rastreia pontos de referência usando um cálculo baseado em rastreamento de deslocamento e análise de expressão facial que se concentra no reconhecimento de estados de emoção humana como alegria, raiva, medo, tristeza, nojo e surpresa. O algoritmo Support Vector Machine (SVM) é aplicado para classificar emoções utilizando dados temporais adaptados da proposta de Gonçalves (2017).

Neste modelo as trajetórias dos centróides, ponto de referência de cada região facial, ao longo de uma sequência de imagens referentes a uma emoção podem ser representadas por curvas dinâmicas, controlando as bordas que conectam os landmarks dos vértices, produzindo o movimento ou deformação das regiões faciais. As trajetórias dos Landmarks de Expressão Facial (FEL) (AGBOLADE et al., 2019) foram extraídas com base no deslocamento geométrico calculado pela Distância Euclidiana Tridimensional (3DED) (GONÇALVES et al., 2017) das coordenadas Centróides observadas em intervalos de 50t (t relativo a um elemento do vetor Keyframes da classificação de expressão neutra para a emoção rotulada), como segue:

$$Traj = \sum_{i=1}^n Cent_{R1} [E_0, E_1]$$

Cada trajetória (Traj) classificada define a curva do centróide (Cent) por cada expressão de base (En), atualizando a hipótese do modelo de treinamento, para cada região facial (Rn). Esta projeção de deslocamento geométrico pode ser considerada como uma malha

de trajetória que define a posição de cada landmark facial, uma vez que representa um controlador geométrico em intervalo temporal. Os valores de distância euclidiana 3D de cada leitura de centróide são atribuídos à matriz sequenciada pelo tempo (t) do vídeo de entrada.

A Figura 1 apresenta um exemplo do resultado obtido pela aplicação do algoritmo a vídeos de ambientes educacionais onde podemos observar o reconhecimento automático da emoção após o rastreamento e identificação da emoção das crianças participando da oficina.

**Figura 01** – Reconhecimento automático de emoções “in the wild” aplicados a vídeos de uma oficina baseada em Sistema Socioenativo. Este output integra dados não conscientes previstos em sistemas Socioenativos.



Fonte: Autor (2023)

A interação múltipla pode ser utilizada como entrada de dados, unindo leituras fisiológicas referentes ao reconhecimento de emoções ou leituras fisiológicas diretas como batimentos cardíacos. Quanto à estrutura tecnológica, a proposta tem ambos os modos de interação entre as dimensões Física, Digital e Social: os participantes interagem entre si por meio de ações em grupo, e com o sistema por meio da leitura de dados fisiológicos; o sistema interage com as pessoas por meio de saídas de dados e processa dados de entrada, direcionando novas ações por meio de suas saídas digitais e físicas, como ações do robô. Além disso, as interações entre as crianças participantes também desencadeiam novas ações e sentimentos na dimensão social.

Desta forma as classificações são feitas sempre que o robô aciona uma das interações por comandos permitindo relacionar cada ação e interação com o impacto no bem estar das crianças a partir das emoções classificadas. Além disso, é possível com estas saídas de dados identificar quando uma interação está fomentando ou não o aspecto social e criar estratégias para incentivar emoções positivas.

Este projeto de Sistema Socioenativo é re-definível pelas partes interessadas, uma vez que há mudanças de software na execução que irão processar as entradas fisiológicas de forma inteligente, além de integrar entradas acessíveis que independem de manipulação direta de periféricos. Desta forma, todos os requisitos definidos para um Sistema Socioenativo

(BARANAUSKAS et al., 2021) (VALENTE et al., 2020), que envolvem o ciclo de feedback onde usuários e sistemas tecnológicos afetam e são afetados por ações dinamicamente estão presentes tornando o modelo proposto completo.

### **Análise E Codificação Das Interações E Ações**

Com base nos vídeos da oficina utilizados nos experimentos de classificação automática de emoções, foram codificadas e categorizadas 284 ações, utilizando o método Grounded Theory e as categorias definidas por Valente (2020), apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 01** – Categorias de ações e interações em sistema socioenativo aplicado a ambiente educacional (VALENTE et al., 2020)

Ação	Interação
Esperada	Individuais
Inesperada	Coletivas
Consciente	Com o Robô
Inconsciente	Com outra criança

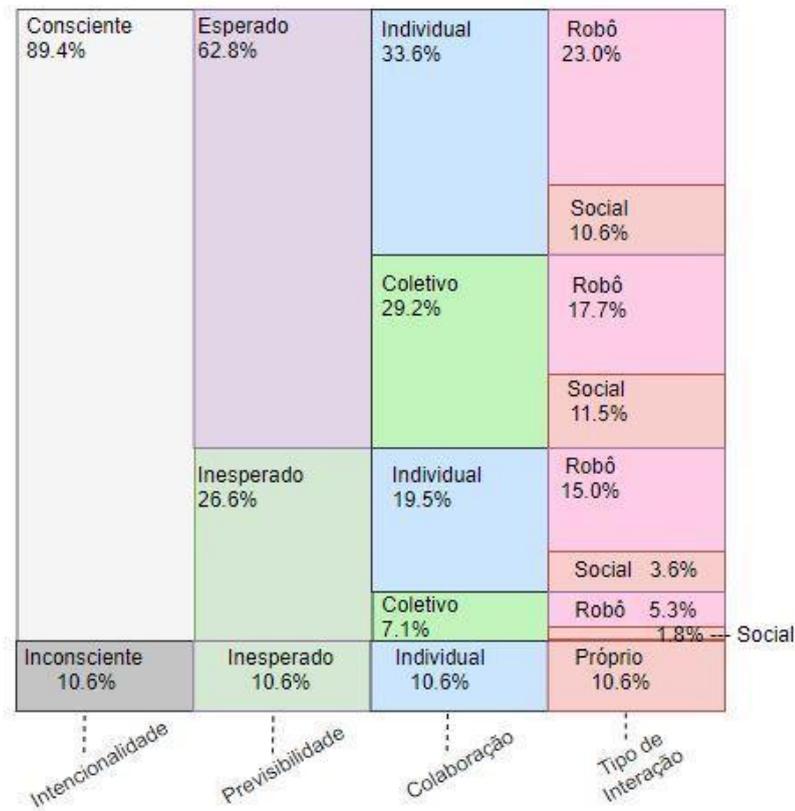
**Fonte:** Autor (2023)

As interações foram transcritas e analisadas, sendo 193 no trecho correspondente a uma iteração de início a resolução da tarefa proposta, e 91 no segundo trecho também apresentando a dinâmica completa do desafio proposto. Das transcrições relacionadas às codificações, para interações de robôs e das crianças (N = 249), dois coders avaliaram os trechos transcrevendo as ações. De acordo com os coders, 45,4% estavam relacionados a algumas ações de crianças e 54,6% a ações do robô.

A Figura 2 mostra a porcentagem de ações das crianças classificadas por categoria. Por exemplo, para a categoria Consciente, 89,4% das ações foram consideradas como as crianças tendo consciência de sua ação; e 10,6% como inconsciente. Segue-se uma síntese da análise das ações das crianças, ilustrada na Figura 3.

As crianças estavam conscientes de suas ações em 89,4% dos casos. As demais ações (10,6%) pertencem à codificação de ações inconscientes, inesperadas, individuais e de autoexpressão (como expressar um sentimento); por exemplo, colocar as mãos na cabeça quando algo saiu errado na atividade. Assim, as crianças estavam principalmente cientes de suas ações em relação ao objetivo da tarefa e, quando não estavam, estavam se expressando principalmente emocionalmente.

**Figura 02** - Codificação de ações e interações analisadas em vídeos de um Sistema Socioenativo aplicado a Ambiente Educacional.



Fonte: Autor (2023)

As crianças apresentaram a ação esperada, de acordo com o cenário planejado e a narrativa, em 62,8% dos casos. Nos demais casos, as codificações mais comuns são para ações individuais, não esperadas e não-intencionais (10,6%). No que se refere a ações conscientes, inesperadas e individuais em relação ao robô (15,0%), uma criança pega o robô com as mãos; outro fala com o robô (dando instruções de voz), por exemplo. Esse resultado também ilustra o vocabulário diferente de ações que as crianças criaram para interagir com o robô. As crianças apresentaram ações iniciadas individualmente em 63,7% dos casos.

A codificação mais comum iniciada individualmente foram as conscientes esperadas, por exemplo, quando as crianças colocam suas botas na frente do robô com a intenção de mudar seu caminho (comando de direção para o mBot). Essa foi a codificação mais frequente nas ações das crianças (23,0% do total). Das ações iniciadas coletivamente, a codificação mais comum foram as conscientes e esperadas, sociais, com 17,7% dos casos. Isso se refere à ação consciente e esperada em relação ao robô (por exemplo, duas crianças colocaram suas botas no caminho do robô, juntas).

As crianças apresentaram ações com o robô em 57,5% dos casos, com outros seres humanos em 31,0% dos casos e com si mesmas em 11,5% dos casos.

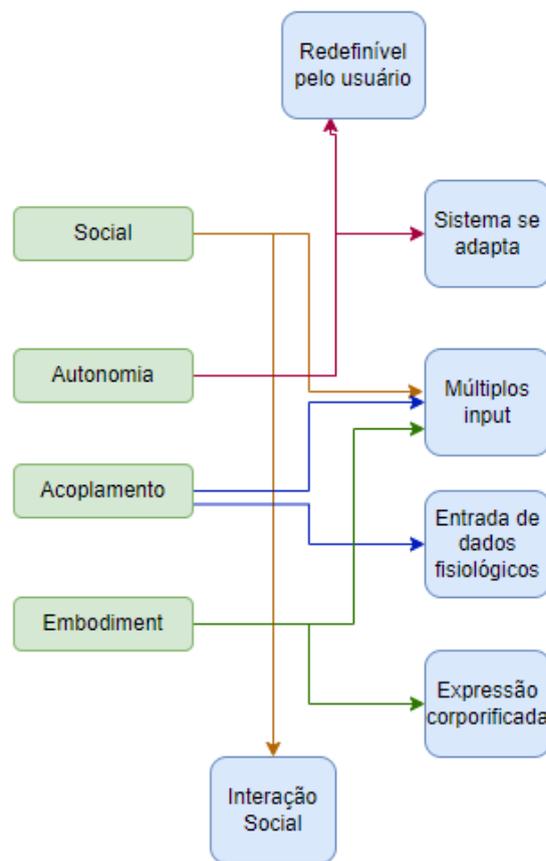
Com o mapeamento das ações e interações a partir da codificação apresentada e a classificação automática de emoções, é possível identificar quais interações do robô resultaram em ações coletivas entre as crianças ou geraram emoções positivas e negativas. Assim, o sistema pode definir novos comportamentos em tempo de execução, com base

nestes resultados, fomentando as interações sociais e tornando a experiência mais produtiva.

Para o sistema de parser das leituras fisiológicas, o reconhecimento de emoções pode ser utilizado para análises posteriores, como informações importantes a respeito de como as atividades e interações influenciam no bem-estar dos participantes. Finalmente, as mudanças no ambiente podem ser ativadas como ações para responder às entradas do usuário, como mudanças na música de fundo ou na iluminação ambiente. Mudanças na iluminação ambiente, por exemplo, podem influenciar a expressividade emocional e o desempenho cognitivo (De Ruyter e Dantzig, 2019), assim como mudanças na música ambiente podem influenciar o estado emocional ou envolvimento dos participantes (Röggla et al., 2017).

A Figura 3 e Figura 4 apresentam as relações dos conceitos de acessibilidade e categorias socioenativas apresentadas, e como se comunicam com base nos requisitos tecnológicos e de interação. Com essa arquitetura, o sistema proposto atende a todas as diretrizes do Sistema Socioenativo ao mesmo tempo em que integra os requisitos de acessibilidade por meio do Design Universal, aplicado ao contexto de ambientes de aprendizagem e educacionais.

**Figura 03** - Relações do sistema socioenativo entre suas dimensões e requisitos de interação



Fonte: Autor (2023)

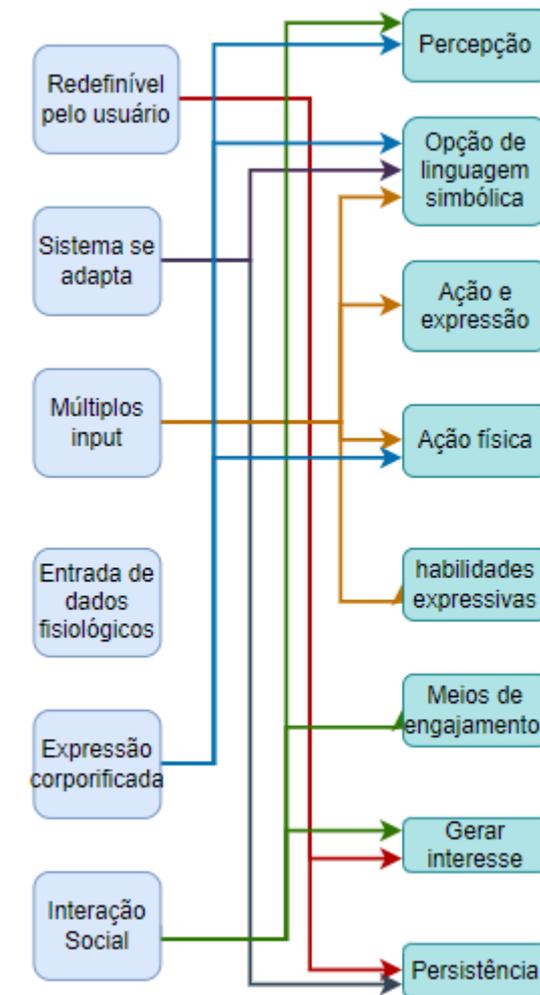
A dimensão social acontece neste ambiente através de múltiplos inputs que podem ser obtidos através de artefatos como sensores de proximidade que direcionam o robô ou mesmo de forma automática através da classificação de emoções. Da mesma forma esta dimensão é atendida através das interações sociais, emergentes da resolução de tarefas em grupo. Quanto a dimensão de Autonomia, importante para o ciclo enativo, o sistema pode se adaptar através

de uma matriz ontológica que utiliza as emoções classificadas como base para novas ações do robô como nivelar a dificuldade do desafio, automatizar comandos do robô que não geram engajamento, etc.

As dimensões de Acoplamento e Embodiment são respeitadas a partir do uso de artefatos pervasivos que integram os sensores e atuadores tecnológicos como luvas ou botas que servem como meio para interação com o robô. Da mesma forma, a entrada de dados fisiológicos pode servir como acoplamento tecnológico indireto através de captura e processamento de imagens em tempo real.

Esta proposta de sistema socioenativo atende as dimensões de Acoplamento e Autonomia, resultando em uma evolução direta dos projetos apresentados na literatura recente (BARANAUSKAS et al., 2021)(VALENTE et al., 2020) complementando os requisitos de construção de um sistema socioenativo que integra o ciclo de feedback do usuário por meio de entradas fisiológicas e ações dinâmicas do sistema com base nesses dados.

**Figura 04** - Relações do sistema socioenativo entre suas dimensões e diretrizes de acessibilidade



Fonte: Autor (2023)

Os elementos de interação social podem engajar o trabalho em equipe gerando interesse no desafio proposto através da percepção e possibilidade dos alunos se expressarem de forma dinâmica a partir de ações físicas e expressão de habilidades utilizando seu corpo ou

os artefatos ubíquos oferecidos. Ainda, é importante ressaltar que esta proposta é acessível uma vez que classifica automaticamente as emoções sem a necessidade de ação das crianças, e conta com interações por meio de voz e movimentos variados permitindo que a criança interaja com o robô utilizando voz, gestos e outras opções abrangentes.

## **Discussão**

Com base na classificação de emoções automática, é possível relacionar e identificar quais ações são frustrantes ou complexas para a faixa etária dos alunos, assim como as interações mais divertidas e produtivas. Desta forma, é possível adequar, em tempo de execução, o nível de dificuldade da tarefa proposta, reformulando, por exemplo, a facilidade no controle do robô, com base na resposta das ações das crianças. Da mesma forma, informações naturais das crianças como as emoções, apresentados como dados de entrada, torna o ciclo enativo completo, onde o sistema é afetado e transformado pelos usuários. Estas emoções criam um dataset de dados fisiológicos que atualizam os comandos de outputs do sistema, reforçando interações que produzem reações positivas, tendo ainda o potencial de fomentar as interações sociais com base no comportamento classificado dos participantes.

Para a classificação de emoções foram utilizadas técnicas de aprendizado de máquinas e redes neurais. Estas classificações servem como dados não-intencionais, importantes como leitura fisiológica não invasiva, que permite com que a característica enativa do ciclo de feedback com o usuário seja integrada ao sistema.

Comparando os trechos de vídeo com a codificação transcrita e as emoções classificadas com maior frequência (rotuladas em momentos de 60 quadros a fim de eliminar falsos positivos) no grupo de crianças participantes da oficina, em 75% das ações em grupo predominavam expressões positivas como alegria e surpresa, sendo 16% expressões neutras ou de medo e o restante de tristeza.

Com relação às ações individuais, em interações com o robô ou de ações reflexivas, 45% das expressões classificadas eram de surpresa ou neutras, 30% de alegria, 12% de tristeza e o restante expressões não identificadas. Quanto a emoções positivas, 83% estão relacionadas a ações esperadas e conscientes e 9% a ações inesperadas. Emoções negativas como tristeza e medo aparece com 59% de relação para com ações inesperadas.

Isto indica quais momentos o sistema poderia inserir ações específicas do robô com mais chance de resultar em acertos das crianças, ou adequar o nível de dificuldade alterando a velocidade ou rotação do robô. A análise e codificação de ações permitem, ainda, entender quais interações estão relacionadas a emoções positivas e quais geram respostas negativas às crianças. Estas informações são importantes para que o sistema possa adequar suas saídas

fazendo emergir interações com potencial de sucesso maior, tornando a experiência menos frustrante e mais divertida.

## **Conclusão**

Uma lacuna nos Sistemas Socioenativos apresentados na literatura recente, é que compreendam o comportamento social e reflitam estes dados em suas próprias ações criando um ambiente que possa ser modificado pelas pessoas e, em paralelo, modificá-las com base em interações dinâmicas. Para ambientes educacionais, estes recursos têm o potencial de incrementar o aprendizado através do fazer. Este trabalho apresenta um modelo que comporta o ciclo enativo de feedback onde usuários e sistemas computacionais afetam e são afetados. Com uma narrativa que promove ações em grupo e uma descrição ontológica que une a narrativa aos sistemas tecnológicos envolvidos, é possível criar um mapeamento entre as dimensões sociais e afetivas com as classificações do sistema.

Para isso, é utilizado um sistema de classificação automática de emoções, que pode alterar o comportamento do sistema para fomentar interações sociais positivas em um exercício baseado no uso de robô e resolução de tarefas. Assim, através da ação e percepção, o aprendizado em grupo é fomentado em um sistema que aprende através de ações dos usuários, reforçando ações que geram respostas positivas, tornando a resolução de tarefas em uma experiência coletiva mais agradável e funcional. Em trabalhos futuros, espera-se implantar o sistema proposto em um ambiente real, a fim de identificar se o uso de inteligência computacional melhorou a resposta das crianças na resolução de tarefas em grupo e quais resultados emergem deste tipo de sistema.

## **Agradecimentos**

Agradecemos aos apoiadores desta pesquisa: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), bolsas nº 2015/24300-9, nº 2015/16528-0, nº 2014/07502-4 e nº 2018/06416-8; Agência Federal de Apoio e Avaliação da Pós-Graduação (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nº 310854/2019-9, nº 304708/2020-8 e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

## Referências

AGBOLADE, O.; NAZRI, A.; YAAKOB, A.; GHANI, A. A.; CHEAH, Y. K.

**Landmark-based Multi-Points Warping Approach to 3D Facial Expression Recognition in Human**, 2019 1st International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS), Ipoh, Perak, Malaysia, 2019, pp. 180-185, doi: 10.1109/AiDAS47888.2019.8970972.

BARANAUSKAS, M.C.C., MENDOZA, Y.L. M., DUARTE, E. F. **Designing for a socioenactive experience: A case study in an educational workshop on deep time**, **International Journal of Child-Computer Interaction**. (IJCCI), Vol 29, September 2021, 100287 <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100287>

BRUNER, J. S. **Toward a theory of instruction** (Vol. 59). Harvard University Press 1966.

CACEFFO, R., VALENTE, J. A, BARANAUSKAS, M. C. C. **Collaborative Meaning Construction in Socioenactive Systems: Study with the mBot**. In: Zaphiris P., Ioannou A. (eds) Learning and Collaboration Technologies. Designing Learning Experiences. HCII 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11590. Springer, Cham DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0_18)

GONÇALVES, D. A; TODT, E; CLAUDIO, D. P.. 2017. **Landmark based Facial Expression Parametrization for Sign Languages Avatar Animation**. In Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2017). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 34, 1–6. DOI:<https://doi.org/10.1145/3160504.3160507>

KAIPAINEN, M. **Enactive systems and enactive media: Embodied human-machine coupling beyond interfaces**. Leonardo 44, 433–438, 2011

SANTOS, A. C. **Investigating aspects of affectibility for universal access in socioenactive system scenarios**. Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems 2019.. doi:10.1145/3357155.3358475

SILVA, J. V., BARANAUSKAS, M. C. C. **Reclaiming human space at IoT**. Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems - IHC 2019. doi:10.1145/3357155.3358481

VALENTE, J.A., CACEFFO, R., BONACIN, R., dos REIS, J. C., GONÇALVES, D. A., BARANAUSKAS, M. C. C. **Robot-based Activity for Kindergarten Children: an embodied exercise**. In: Proceedings of Constructionism Conference 2020, Dublin. pp137-146, ISBN: 978-1-911566-09-0

VARELA, F. J. **The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience**. MIT press, 1993.