

Simulação de Mapa de Estresse de Sala de Aula

Victor A. C. Coelho¹, Vinicius S. Patto¹

¹Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (UFG)
Caixa Postal 131 – 74.001-970 – Goiânia – GO – Brazil

victor.fisica01@gmail.com, viniciussebba@inf.ufg.br

Abstract. *This paper proposes a modeling for the stress dynamics of a classroom (elementary and high school), which can be visualized from the stress maps generated. To construct this dynamic, internal and environmental stressors were considered from the literature. The model was implemented using the Multiagent Systems paradigm. Twenty simulations were performed for each of the 5 proposed scenarios (class configurations), which varied according to the way students were arranged in the classroom; these variations were found to influence stress dynamics. According to the results found, ones understand that this work has considerable potential to become the basis for broader related studies, involving multidisciplinary teams composed of educators, psychologists, psychiatrists and related professionals.*

Keywords: *Multi-Agent simulation, education, bullying, stress, class arrangement, stress modeling.*

Resumo. *Este trabalho propõe uma modelagem para a dinâmica do estresse de uma sala de aula (ensino fundamental e médio), que pode ser visualizada a partir dos mapas de estresse gerados. Para construir essa dinâmica, foram considerados fatores geradores de estresse internos e ambientais, presentes na literatura. O modelo foi implementado usando o paradigma de Sistemas Multiagentes. Foram realizadas 20 simulações para cada um dos 5 cenários (configurações de turmas) propostos, que variaram de acordo com a forma de dispor os alunos em sala; verificou-se que essas variações possuem influências na dinâmica do estresse. Pelos resultados encontrados, entende-se que este trabalho possui potencial considerável para se tornar base para estudos relacionados mais amplos, envolvendo equipes multidisciplinares compostas por pedagogos, psicólogos, psiquiatras e profissionais afins.*

Palavras-chave: *simulação Multiagente, educação, bullying, estresse, organização da sala, modelagem do estresse.*

1. Introdução

No Brasil, nos últimos 3 anos, ocorreram atentados em escolas que deixaram o país em choque. Citando alguns deles, houve os casos: de Suzano em 2019, Medianeira em 2018 e Goiânia em 2017 [G1-Globo 2019]. Esse não é um problema específico do nosso país; segundo o *The Guardian*, em 2018 nos EUA houve um aumento de quase 60% em relação à 2006 [Guardian 2019]. Ainda segundo o *The Guardian*, recentemente, em 2018, ataques de grande repercussão em Parkland, Flórida e Santa Fé, no Texas, intensificaram uma conversa nacional nos EUA sobre a violência armada nas escolas [Guardian 2019].

Há vários relatórios que tentam identificar fatores individuais, sociais e contextuais, que levam a esses tipos de ataques [Borum et al. 2010]. Entretanto esses fatores não se relacionam de forma direta e confiável com o perfil dos atiradores [Resnick and Zarracina 2018] e [Hong et al. 2011]. Além disso, a raridade da ocorrência desses tipos de atentados tornam a sua previsão uma tarefa inviável [Hong et al. 2011]; assim como diz Sanjay Srivastava, psicólogo na Universidade de Oregon, “os únicos fatores pessoais que se relacionam de maneira confiável com os atiradores em massa são jovens e homens”. Ademais, “o fato de haver tão poucos atiradores em massa e tantas pessoas inofensivas, torna matematicamente impossível prever quem pode se tornar um atirador em massa”, de acordo com [Resnick and Zarracina 2018]. Professores e conselheiros também encontram dificuldades de realizar proativamente a identificação desses fatores devido a falta de pesquisas na área [Paolini 2015].

Assim, pode-se destacar que a previsão de tais eventos é algo difícil não só para os professores mas também para modelos matemáticos. Com isso em mente, este trabalho foi conduzido com o intuito de estudar a dinâmica do processo de variação de estresse dentro de uma sala de aula. Para isso foi proposto uma modelagem da quantificação do estresse de alunos, levando em consideração suas características intrínsecas, as interações/comunicações e influências do estado do ambiente, com base em trabalhos científicos (detalhes na Seção 3).

A fim de averiguar a viabilidade do modelo foi implementado um simulador que reproduz os agentes e o ambiente de determinada sala de aula, a partir do *Gama-Platform*.¹ Este trabalho também se interessa por estudar formas de dispor os estudantes em sala de aula e a sua relação com o estresse geral da turma, bem como o nível de estresse individual dos estudantes.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, apresenta-se informações relativas ao estresse: definições, classificações, fatores geradores e tipos de respostas. Na Seção 3, são expostos os conceitos adotados na criação do modelo e como eles foram implementados na simulação. Na Seção 4, são apresentados os cenários em que a simulação foi executada e os resultados obtidos. Posteriormente, na Seção 5, os resultados encontrados são discutidos e explicita-se as dificuldades encontradas para realizar a sua análise. Por fim, na Seção 6, conclui-se este trabalho mostrando a relevância deste trabalho na atualidade e como ele poderia ser aprimorado para abranger outras questões.

2. Fundamentação Teórica

Um dos principais objetos de estudo deste trabalho é o mapa de estresse. Nesta seção, é abordado a definição do estresse, respostas dos alunos ao estresse, e os seus fatores geradores, para auxiliar o entendimento do mapa de estresse como conceito chave neste trabalho.

Segundo o dicionário Michaelis o estresse é: “Estado físico e psicológico provocado por agressões que excitam e perturbam emocionalmente o indivíduo, levando o organismo a um nível de tensão e desequilíbrio, em consequência do aumento da secreção de

¹Gama-Platform - Software de simulação multiagente. Disponível em: <https://gama-platform.github.io/wiki/Home>

adrenalina; estrição.” [da Língua Portuguesa 2019]. Disto, pode-se inferir que o estresse não é apenas a alteração do estado psicológico mas também do estado físico.

A palavra “agressões”, na definição anterior, pode causar interpretação ambígua, portanto é importante mencionar outra definição. De acordo com o modelo cognitivo transacional o estresse pode ser entendido como a relação dinâmica entre um indivíduo e o ambiente no qual um estímulo (seja ele qual for) perturba a homeostase² de um indivíduo [María et al. 2018]. Assim, percebe-se que não são apenas agressões que podem gerar estresse, mas todo e qualquer tipo de perturbação da homeostase [Joëls et al. 2006].

Ainda, sob esse prisma da interpretação biológica do estresse, o *The National Scientific Council on the Developing Child*, divide conceitualmente as respostas ao estresse em 3 categorias: positiva, aceitável e tóxica [Wood et al. 2012]. Essas maneiras de responder não são precisas, mas pode-se afirmar que variam de acordo com a intensidade e tempo de exposição ao estresse. Em seu último nível, tóxico, por exemplo, a exposição prolongada pode, inclusive, acarretar em mudanças permanentes no funcionamento do cérebro [Wood et al. 2012].

Analisando as possíveis reações tomadas mediante o estresse, sabe-se que interações estressantes geralmente resultam em comportamentos agressivos [Piko et al. 2017]. Em um estudo feito com alunos do 3º ao 5º ano do ensino fundamental, verificou-se que as brigas estavam diretamente correlacionadas com raiva e estresse [Centeio 2015]. Entretanto, ainda não se sabe exatamente em quais condições o comportamento agressivo ocorrerá [Piko et al. 2017], mas é possível afirmar que os fatores causadores de estresse gerarão sintomas de acordo com contexto, ou ambiente, e a vulnerabilidade do indivíduo no momento [Pena and Reis 1997].

Do ponto de vista de reação, também existem outros trabalhos. Wahab mostra em seu estudo que existe uma relação significativa entre o estresse, ansiedade e depressão [Wahab et al. 2013]. Lazarus, por sua vez, defende que seria mais produtivo estudar a emoção gerada, em vez do próprio estresse, pois este pode se manifestar de várias formas como: raiva, medo, ansiedade, culpa, vergonha, inveja, tristeza, nojo e outros [Lazarus 1990].

Assim, é evidente que há muitas variáveis relacionadas com o estresse. Robotham, em seu estudo do estresse em alunos de ensino superior, categorizou as respostas ao estresse como: “emocional (medo, ansiedade, preocupação, culpa, tristeza, ou depressão), reações cognitivas (por exemplo, avaliação deles de situações estressantes e estratégias), comportamentais (chorar, abuso de si mesmo ou de outros, tabagismo e irritabilidade) e fisiológica (sudorese, tremores, gagueira, dores de cabeça, perda ou ganho de peso, dores no corpo)” [Robotham 2008].

A respeito dos fatores geradores de estresse é importante mencionar a categorização feita por Yusoff e Ibrahim. Eles fazem a divisão dos fatores geradores de estresse em 6 categorias: acadêmicos, intrapessoal, interpessoal, relativos ao aprendizado e ensino, relativo aos professores e relacionados ao grupo social. [Yusoff and Ibrahim 2010].

²Homeostase - Processo de regulação pelo qual um organismo consegue a constância do seu equilíbrio [de Ferreira 2019].

Alguns estudos, como os de [María et al. 2018], [Kosheleva et al. 2015] e [Sripongwiwat et al. 2018], elencaram fatores que estavam ligados com a geração do estresse e fizeram o levantamento de dados sobre os fatores mais comuns. Todos eles utilizaram questionários para coleta dos dados.

Como apresentado, percebe-se na literatura muitos critérios para categorizar os fatores geradores e resultantes do estresse [María et al. 2018] e isso gera dificuldades para a sua aferição [Lazarus 1990]. Diante deste estado de pouca maturidade científica, neste trabalho não se aborda as formas de manifestação do estresse, nem a previsão de ações violentas ou comportamentos depressivos. O foco estabelecido é a respeito da dinâmica do estresse dentro do ambiente escolar com a finalidade de estudar a sua variação e a sua relação com a disposição de estudantes em sala de aula.

3. Modelo Conceitual

O modelo foi definido a partir dos seguintes elementos: o contexto em que a simulação ocorre (uma sala de aula), e os integrantes que compõem a turma (alunos e professores). A dinâmica do estresse é baseada na atribuição de fatores geradores de estresse aos alunos e no aumento do estresse interno do aluno mediante a presença desses fatores. Tal efeito sofre influência das variáveis de ambiente, por meio de uma dinâmica específica.

O **estresse** é o valor numérico que representa o estresse atual do estudante. No modelo proposto, o **estresse** de cada estudante é representado por um valor numérico, diretamente influenciado pelos seguintes itens:

- Fatores internos.
- Fatores externos.

Os **fatores internos** são elementos que estão sempre presentes, próprios dos estudantes, trazidos de fora do ambiente escolar ou que este não seja diretamente responsável pela origem de tais fatores; por exemplo, problemas familiares e problemas de auto-estima.

O ambiente representa os **fatores externos** ao aluno que são capazes de alterar seu estresse [Pena and Reis 1997]. Assim, os fatores externos exercem influência sobre o aluno apenas quando o ambiente fornece os estímulos específicos. Por exemplo, suponha que as provas escolares sejam um fator gerador de estresse para um aluno, assim, este sofrerá influência apenas caso esteja ocorrendo provas no momento. Por isso, diz-se que são fatores controlados pelo ambiente. A dinâmica do ambiente é pré-definida e seus elementos essenciais são: momento de aula e perfil dos professores.

A **comunicação** é uma conversa que ocorre entre os alunos. Ela é considerada como **fator externo** e foi definida separadamente por apresentar uma dinâmica própria baseada na transmissão de **mensagens**. Uma mensagem pode ser **negativa**, **positiva** ou **neutra**. Se for negativa ela aumenta o estresse do aluno que recebeu a mensagem. Se positiva, ela reduz o estresse do aluno receptor. A mensagem pode também ser direcionada para apenas um estudante ou à uma área que pode ser modificada, a depender do **momento da aula** e do **perfil do professor**.

Cada aluno possui um **perfil** que influencia diretamente no conteúdo das mensagens que ele envia. Os perfis considerados neste estudo são: agressivo, neutro e amigável.

Alunos agressivos têm tendência de enviar mensagens negativas; os amigáveis, positivas; e os neutros, neutras.

O **perfil do professor** (rígido, neutro ou negligente) e o **momento da aula** influenciam na transmissão das mensagens. Ambos impactam diretamente no alcance de transmissão das mensagens e consequentemente, na quantidade de mensagens transmitidas. Por exemplo, nos períodos de entrada, recreio e saída esse alcance é maior. Durante as aulas, caso o professor seja negligente o alcance é maior; caso rígido, menor. O perfil do professor também impacta na quantidade e qualidade das tarefas passadas; as tarefas passadas por um professor mais rígido tem maior chance de serem consideradas **adequadas**, enquanto um professor negligente atribui menos tarefas com menor chance de serem **adequadas**.

O **Mapa de estresse** é uma forma de visualizar o ambiente da simulação em um instante específico. A simulação pode ser considerada como um mapa de estresse dinâmico, no qual é possível acompanhar as trocas dos níveis de estresse de cada aluno. A Figura 1 representa um mapa de estresse.

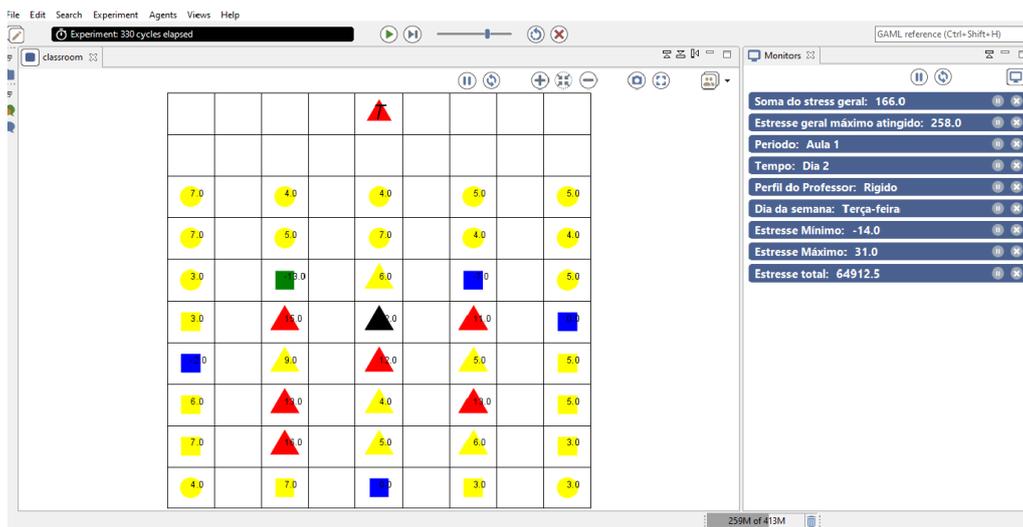


Figura 1. Exemplo de mapa de estresse

A **troca de cores** de cada aluno representa visualmente na simulação o momento em que ele assume um novo nível de estresse.

A simulação representa o ambiente de uma sala de aula por um semestre, 100 dias, e é composta por 50 agentes: 40 alunos e 10 professores, sendo que todos os alunos sempre estão presentes na sala e há no máximo um professor por aula. O dia escolar foi considerado com 5 horas de duração, que são representadas por 300 ciclos da simulação, ou seja, cada ciclo representa 1 minuto de aula. Os períodos do dia escolar foram divididos da seguinte maneira:

- Entrada - 10 min - 10 ciclos
- Aula 1 - 50 min - 50 ciclos
- Aula 2 - 50 min - 50 ciclos
- Aula 3 - 50 min - 50 ciclos

- Recreio - 20 min - 20 ciclos
- Aula 4 - 50 min - 50 ciclos
- Aula 5 - 50 min - 50 ciclos
- Saída - 20 min - 20 ciclos

Os fatores internos, externos e suas porcentagens usados neste trabalho, foram obtidos a partir dos estudos de [Sripongwiwat et al. 2018] e [María et al. 2018]. Esses estudos, juntos, consideraram um total de 54 fatores; entretanto, para o modelo proposto foram escolhidos 19 fatores haja vista que eles apresentaram os mais altos graus de influência nas pesquisas. Quando houve separação por sexo das porcentagens, foi considerada a média aritmética. Entretanto, houve alguns fatores que mesmo apresentando alta porcentagem foram descartados por serem irrelevantes no modelo, por exemplo o fator “salas de aula muito cheias”. Neste trabalho foi considerado uma sala média de 40 alunos, portanto não é possível considerá-la como cheia ou vazia.

Cada estudante pode ter (valor 1) ou não (valor 0) sensibilidade a fatores internos, externos ou relativos a transmissão de mensagens de acordo com os valores percentuais apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, extraídos de [Sripongwiwat et al. 2018] e [María et al. 2018]. A fim de tornar o modelo mais próximo da realidade, os fatores internos e externos são resorteados, para cada estudante, semanalmente.

Tabela 1. Fatores internos

Fatores internos	Porcentagem (%)	Autor
Medo de não conseguir prosseguir nos estudos	65,18	Sripongwiwat
Dificuldade de aprender a matéria	44,18	Sripongwiwat
Alta expectativa própria	34,63	Sripongwiwat
Estudar em prol da família	31,57	Sripongwiwat
Alta expectativa de outros	27,49	Sripongwiwat
Falta de reconhecimento de trabalho feito	24,98	Sripongwiwat
Sentimento de incompetência	21,34	Sripongwiwat
Pensamentos negativos de si mesmo	21,20	Sripongwiwat
Incertezas sobre o esperado de mim	20,09	Sripongwiwat
Falta de motivação para aprender	13,43	Sripongwiwat
Dificuldades econômicas	11,86	María
Problemas familiares	9,54	María
Problemas com namorado(a)	4,93	María

Tabela 2. Fatores externos

Fatores externos	Porcentagem (%)	Autor
Provas	49,00	María
Muitas tarefas	48,64	Sripongwiwat
Tarefas inadequadas	30,25	Sripongwiwat
Comportamento inadequado de amigos	22,79	Sripongwiwat

Tabela 3. Fatores relativos a transmissão de mensagens

Fatores relativos a transmissão de mensagens	Porcentagem (%)	Autor
Interrupções durante a aula	13,21	Sripongwiwat
Abuso físico ou verbal	11,50	Sripongwiwat

O número de mensagens recebidas por estudante foi limitada a duas por minuto. Sendo que alunos mais próximos do emissor possuem maior probabilidade de receber mensagens.

Durante o semestre as provas ocorrem durante duas semanas; a primeira nos dias 45-50 e a segunda do dia 95-100. Durante as provas não ocorre transmissão de mensagens e nem atribuição de tarefas.

Por dia há dois professores, um para as três primeiras aulas e outro para as duas últimas. Esses professores são fixos, ou seja, os dois professores da segunda-feira sempre dão aula nas segundas-feiras, os da terça-feira nas terças-feiras e assim por diante até o fim da semana.

A equação do estresse foi definida como:

$$estresse = estresse - (fatoresAnteriores - fatoresAtuais)/2 \quad (1)$$

Assim, o valor numérico do estresse depende de seu próprio valor acrescido de uma variação dos fatores entre os ciclos anterior e atual. Nesses fatores estão inclusos os internos, que sempre estão ativos, externos, que são ativados caso o ambiente forneça o estímulo ativador, e a comunicação que depende do aluno receber ou não as mensagens.

O cálculo dos fatores internos é a soma simples de cada um dos itens da Tabela 1. O cálculo dos fatores externos é a soma simples dos itens da Tabela 2. Lembrando que um fator externo só terá o valor 1 caso ele esteja presente no ambiente. A influência das mensagens é calculada pela soma das mensagens recebidas. Mensagens positivas possuem o valor de -1 (pois reduzem o valor do estresse); neutras equivalem a 0 e negativas representa 1. Essa soma é multiplicada por 2 caso “Abuso físico ou verbal” seja um fator gerador de estresse para o aluno. Cada mensagem recebida é contabilizada como uma interrupção, assim, caso esteja no momento de aula e o aluno se estresse por “Interrupções durante a aula” esse valor é incluído.

Nesta versão do sistema, cada aluno possui 90% de chance de enviar uma mensagem. Os alunos amigáveis são representados na simulação por quadrados, os neutros por círculos e os agressivos por triângulos, ver Figura 1. O amigável possui uma probabilidade de 40% de mandar mensagens positivas e 60% de mandar mensagens neutras. Um aluno agressivo possui 40% de mandar mensagens negativas e 60% de mandar mensagens neutras. Um aluno neutro sempre envia uma mensagem neutra.

Os professores possuem influência em alguns parâmetros da simulação; seus valores são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Influência dos professores

Fatores \ Perfil	Negligente	Neutro	Rígido
Redução do alcance de transmissão das mensagens	10%	30%	50%
Probabilidade de atribuir muitas tarefas	30%	50%	70%
Probabilidade de atribuir tarefas inadequadas	50%	30%	10%

Para todas as simulações realizadas neste trabalho foram considerados uma turma com 13 alunos amigáveis, 13 agressivos, 14 neutros e 2 professores negligentes, 4 neutros e 4 rígidos.

Para definição dos valores numéricos que delimitam os intervalos das classes de estresse, foram realizadas 20 simulações de turmas com configurações aleatórias. O valor médio para o estresse mínimo foi de -17.65 e o máximo de 27.825. Disto, definiu-se as seguintes classificações:

$$\begin{aligned}
 & \text{Saudável (Verde)} < -8.555 \\
 & -8.555 \leq \text{Neutro (Azul)} < 0.54 \\
 & 0.54 \leq \text{Estressado (Amarelo)} < 9.635 \\
 & 9.635 \leq \text{Muito Estressado (Vermelho)} < 18.73 \\
 & 18.73 \leq \text{Perigoso (Preto)}
 \end{aligned}$$

4. Experimentos e Resultados

Foram considerados cinco cenários acerca da disposição dos estudantes. Todos os estudantes iniciam a simulação com nível de estresse zero (cor azul). Apesar do professor ser representado por um triângulo vermelho, neste trabalho não foi considerado o seu nível de estresse.

No primeiro cenário, os estudantes com perfil agressivo foram agrupados na primeira fila à esquerda (ao lado da parede) e em seguida foram agrupados nas filas dois e três os estudantes amigáveis e neutros, respectivamente. As filas quatro e cinco foram preenchidas na mesma sequência (agressivos, amigáveis e neutros), ver Figura 2.

No segundo cenário, os estudantes com perfil agressivo foram agrupados na primeira fila à esquerda e na última fila à direita (ambas ao lado de paredes). Ao lado de todos estudantes agressivos foram colocados estudantes com perfil amigável. As demais posições foram preenchidas por estudantes neutros, conforme consta na Figura 3.

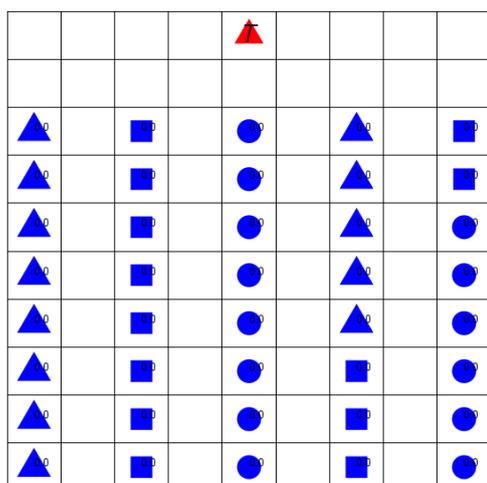


Figura 2. Cenário 1

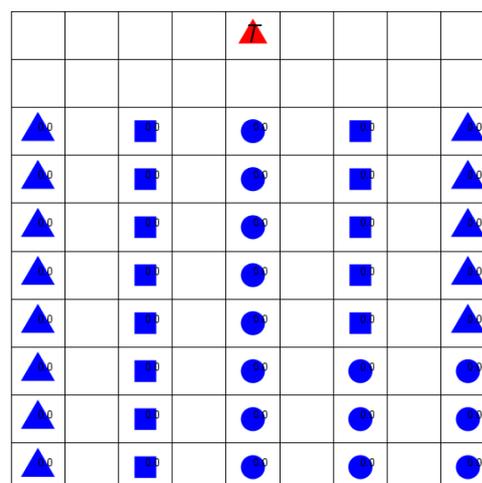


Figura 3. Cenário 2

No terceiro cenário, os estudantes foram intercalados em todas as filas na seguinte ordem: agressivos, amigáveis e neutros, como pode-se notar na Figura 4.

No quarto cenário, os estudantes com perfil agressivo foram agrupados nas primeiras 3 fileiras, os estudantes neutros nas três últimas e as demais vagas foram completadas pelos estudantes amigáveis; ver Figura 5.

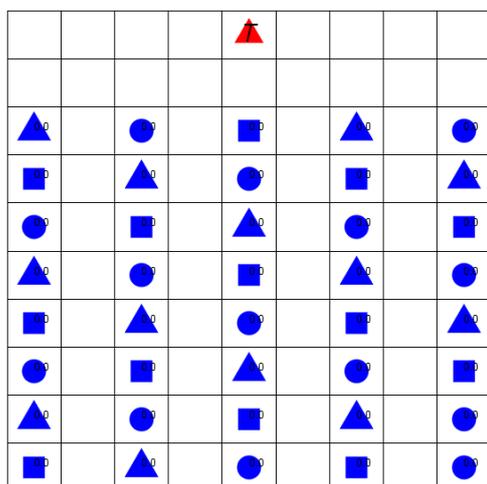


Figura 4. Cenário 3

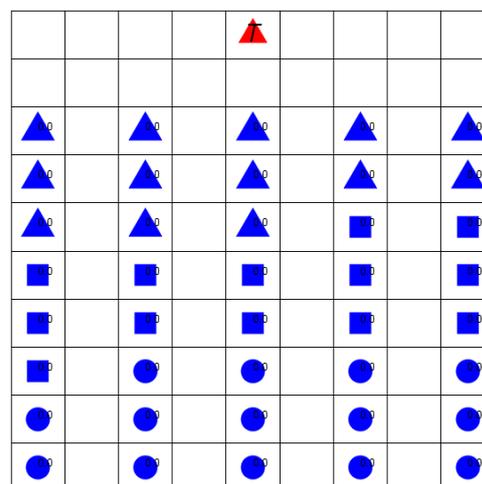


Figura 5. Cenário 4

No quinto cenário, os estudantes com perfil agressivo foram agrupados no centro da sala de aula. Os amigáveis ficaram ao redor dos agressivos e, mais externamente, ficaram os neutros. A Figura 6 representa a forma como os estudantes ficaram dispostos.

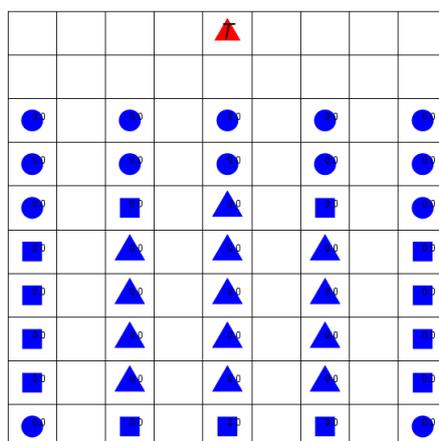


Figura 6. Cenário 5

Para cada um dos cenários apresentados, foram executadas 20 simulações com o objetivo de identificar o menor e o maior valor de estresse por turma, estresse médio da turma e a média de estudantes por classe de estresse.

Na Figura 7, são apresentadas as médias de estudantes por classe de estresse nos cinco cenários. A média foi obtida considerando o número de estudantes de cada classe de estresse, durante os 30.000 ciclos de cada uma das 20 simulações.

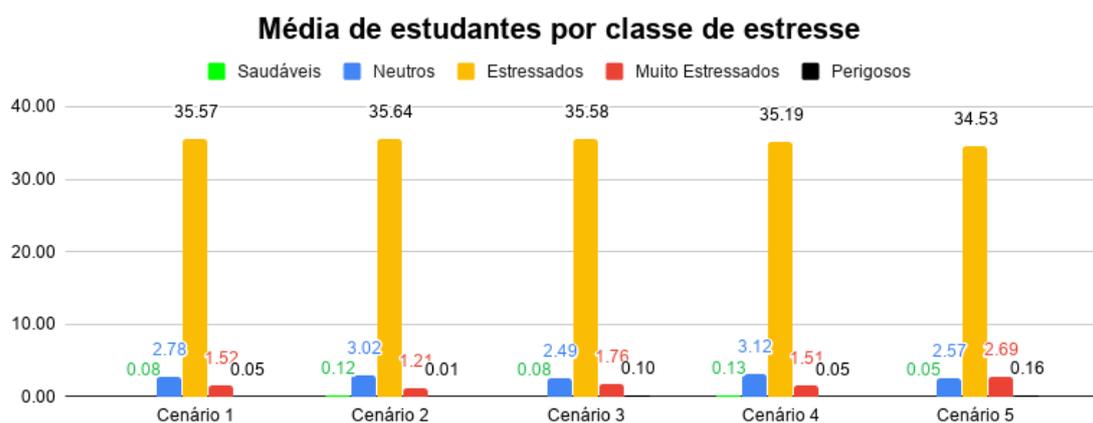


Figura 7. Resultados: Média de estudantes por classes de estresse

Nos experimentos, para cada cenário, também foi calculada a média de estresse considerando os 40 estudantes, os 30.000 ciclos e 20 simulações. Além disso, foram registrados os valores mínimos e máximos de estresse encontrados em cada cenário. Essas informações estão apresentadas no gráfico da Figura 8.

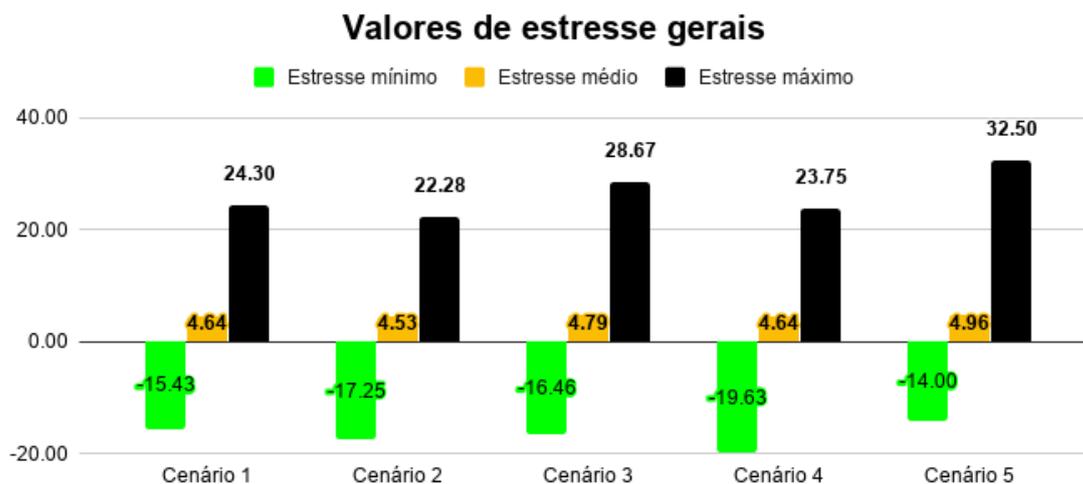


Figura 8. Resultados: Estresse mínimo, médio e máximo atingidos pelos alunos

5. Discussão

Antes de discutir os resultados, deve-se ter em mente que para este trabalho poderiam ter sido propostas diversas sortes de cenários. Além disso, deve-se ter consciência de que não há na literatura, de acordo com os resultados de pesquisa dos autores, encontrados em inglês e português, modelo que represente as questões abordadas neste trabalho.

Diante do caráter novíço deste estudo e da grande relevância de temas como violência nas escolas, *bullying*, depressão, suicídio, dentre outros, deve-se considerar a necessidade de estudos e pesquisas aprofundadas e amparadas por profissionais de psicologia, psiquiatria, pedagogia e afins. Esta carência na literatura dificulta a avaliação dos resultados encontrados e a validação do modelo proposto. Apesar de todo embasamento teórico oriundo de trabalhos científicos, há de se destacar a necessidade de evolução e aperfeiçoamentos deste estudo (apresentados na Seção 6).

Apesar das dificuldades encontradas, pelos resultados deste trabalho, consegue-se evidenciar a necessidade de entender melhor o perfil dos estudantes e de considerar as relações sociais entre eles. Além disso, os resultados indicaram que a disposição dos estudantes pode afetar os sentimentos do coletivo.

Devido a falta de modelos e trabalhos que fazem referência à relação de estresse e dinâmica das interações e fatores pessoais, foi proposto um modelo para computar o estresse e foi proposta uma classificação de 5 níveis de estresse relacionados a simulações (apresentado na Seção 3). Assim, deve-se entender que as classes *Saudável* e *Neutro* denotam bom estado emocional, *Estressado* representa um estado de preocupação, ao passo que as classes *Muito Estressado* e *Perigoso* representam uma situação preocupante.

Analisando os resultados apresentados na Figura 7 da Seção 4, constata-se que os cenários 2 e 4 apresentaram resultados parecidos, tanto do ponto de vista positivo (classes *Saudável* e *Neutro*), quanto negativo (classes *Muito Estressado* e *Perigoso*), com uma ligeira vantagem para o cenário 2. Ao se inverter a perspectiva, nota-se que entre os três piores cenários, os mais semelhantes foram os de número 1 e 3, e o pior foi o de número 5.

Ao se analisar a Figura 8, e comparar com a Figura 7, algumas questões são reforçadas, por exemplo: (i) o maior nível de estresse encontrado foi no cenário 5; (ii) o menor estresse máximo foi encontrado no cenário 2, seguido pelo cenário 4; o maior estresse mínimo foi encontrado no cenário 5; e os cenários 4 e 2 apresentaram os menores estresses mínimos, respectivamente. Deve-se destacar que os dados das Figuras 7 e 8 não possuem forte correlação, como pode-se notar pelos valores mínimos de estresse encontrados; todavia, eles apontam claramente para os dois melhores cenários (2 e 4), o pior cenário (5) e os outros dois cenários ruins (3 e 1).

6. Conclusão

Este trabalho foi proposto para modelar o ambiente de uma sala de aula, suas principais interações e as influências delas no estresse dos alunos. Também foi considerada a influência da disposição dos estudantes em sala no estresse deles.

Apesar da carência de estudos e pesquisas relacionados a este trabalho, destacam-se (1) o potencial de Sistemas Multiagentes para modelar e simular interações sociais; e (2) a facilidade e escalabilidade deste trabalho para contemplar outras questões ou mesmo evoluir para modelos mais complexos.

Além das 120 simulações apresentadas neste trabalho (20 na Seção 3, para definição das classes de estresse, e 100 na Seção 4), foram realizados também dezenas de experimentos na fase de sintonia fina do modelo. Em todos, constatou-se que a forma de arranjar os estudantes interfere no nível estresse geral dos estudantes.

Este trabalho abre uma considerável gama de possibilidades de estudos e trabalhos futuros, em que especialistas do domínio - pedagogos, professores, psicólogos, psiquiatras e profissionais afins - podem contribuir em diversos aspectos. Entre eles, pode-se citar alguns, como: tamanho de turmas, duração de aulas, idade média dos estudantes, qualidade do ensino e da aula, influência da turma no estresse do professor, temperatura, alimentação dos estudantes (lanche), aulas práticas, atividades lúdicas, etc.

Neste trabalho, foi considerado influências individuais em estudantes. Outra forma de se tratar esta questão futuramente, amparado por especialistas do domínio, seria pela consideração de comportamentos grupais emergentes em uma turma e as suas influências.

Adicionalmente, a partir deste trabalho, também pode-se desenvolver uma ferramenta para propor melhor arranjo em salas de aulas, considerando avaliações e questões específicas para um determinado grupo de estudantes e professores.

Por fim, embora não limitado a estas possibilidades, este trabalho também pode ser usado para verificar o impacto de trabalhos de atenuação de estresse em aspectos específicos da turma ou de alguns indivíduos.

A implementação do modelo proposto neste trabalho se encontra em: <https://github.com/victor-alexandre/Implementation-Erigo>.

Referências

- [Borum et al. 2010] Borum, R., Cornell, D. G., Modzeleski, W., and Jimerson, S. R. (2010). What can be done about school shootings?: A review of the evidence. *Educational Researcher*, 39(1):27–37.

- [Centeio 2015] Centeio, E. (2015). Understanding stress and aggression behaviors among urban youth. *Journal of Yoga & Physical Therapy*, 05.
- [da Língua Portuguesa 2019] da Língua Portuguesa, M. D. B. (2019). Michaelis. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 07 de jul. de 2019.
- [de Ferreira 2019] de Ferreira, A. B. H. (2019). Dicionário aurélio online. Disponível em: <https://dicionariodoaurelio.com/>. Acesso em: 07 de jul. de 2019.
- [G1-Globo 2019] G1-Globo (2019). Realengo, Janaúba e outros: episódios de ataques em escolas no brasil. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/mogi-das-cruzes-suzano/noticia/2019/03/13/episodios-de-ataques-em-escolas-no-brasil.ghtml>. Acesso em: 17 de jun. de 2019.
- [Guardian 2019] Guardian, T. (2019). 2018 is worst year on record for gun violence in schools. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us-news/2018/dec/09/sandy-hook-promise-gun-violence-school-shooting-report-2018>. Acesso em: 17 de jun. de 2019.
- [Hong et al. 2011] Hong, J. S., Cho, H., Allen-Meares, P., and Espelage, D. L. (2011). The social ecology of the columbine high school shootings. *Children and Youth Services Review*, 33(6):861 – 868.
- [Joëls et al. 2006] Joëls, M., Pu, Z., Wiegert, O., Oitzl, M. S., and Krugers, H. J. (2006). Learning under stress: how does it work? *Trends in Cognitive Sciences*, 10(4):152 – 158.
- [Kosheleva et al. 2015] Kosheleva, E. Y., Amarnor, A. J., and Chernobilsky, E. (2015). Stress factors among international and domestic students in russia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 200:460 – 466. The XXVI Annual International Academic Conference, Language and Culture, 27–30 October 2015.
- [Lazarus 1990] Lazarus, R. S. (1990). Theory-based stress measurement. *Psychological Inquiry*, 1(1):3–13.
- [María et al. 2018] María, G. A.-G., la Roca-Chiapas José, M. D., Alicia, Z.-B., Antonio, E. R. C., Verónica, R. P., Charles, D. S. R., and Keneth, N. (2018). Stress in high school students: A descriptive study. *Journal of Cognitive Behavioral Therapy*, 1(1):1 – 10.
- [Paolini 2015] Paolini, A. (2015). School shootings and student mental health: Role of the school counselor in mitigating violence. *VISTAS Online*.
- [Pena and Reis 1997] Pena, L. and Reis, D. (1997). Student stress and quality of education. *Revista de Administração de Empresas*, 37:16–27.
- [Piko et al. 2017] Piko, B. F., Prievara, D. K., and Mellor, D. (2017). Aggressive and stressed? youth's aggressive behaviors in light of their internet use, sensation seeking, stress and social feelings. *Children and Youth Services Review*, 77:55 – 61.
- [Resnick and Zarracina 2018] Resnick, B. and Zarracina, J. (2018). This cartoon explains why predicting a mass shooting is impossible. Disponível em: <https://www.vox.com/science-and-health/2018/2/22/>

17041080/predict-mass-shooting-warning-sign-research.

Acesso em: 07 de jul. de 2019.

- [Robotham 2008] Robotham, D. (2008). Stress among higher education students: Towards a research agenda. *Higher Education*, 56:735–746.
- [Sripongwiwat et al. 2018] Sripongwiwat, S., Bunterm, T., and Tang, K. N. (2018). An investigation of learning stressors among secondary school students: A case study in northeast thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(2):197 – 206.
- [Wahab et al. 2013] Wahab, S., Abd Rahman, F., Muhammad Hafiz Wan Hasan, W., Zulaikha Zamani, I., Che Arbaiei, N., Ling Khor, S., and Azmawati, M. (2013). Stressors in secondary boarding school students: Association with stress, anxiety and depressive symptoms. *Asia-Pacific Psychiatry*, 5.
- [Wood et al. 2012] Wood, D., P Shonkoff, J., and Garner, A. (2012). The lifelong effects of early childhood adversity and toxic stress. *Newsletter. American Academy of Pediatrics*, 129:e232–e247.
- [Yusoff and Ibrahim 2010] Yusoff, M. S. B. and Ibrahim, M. (2010). The secondary school stressor questionnaire (3sq): Its validity and reliability in identifying stressor among adolescents in secondary school.