57º SBPO
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL
Gramado • RS
DE 5 A 9 DE OUTUBRO DE 2025

OTIMIZANDO A PROGRAMAÇÃO DE HORÁRIOS ESCOLARES: APLICAÇÃO EM ESCOLAS ESTADUAIS DA PARAÍBA

Maria Marcolina Lima Cardoso, Camila Eduardo Costa de Vasconcelos, Gustavo José Leite Cordeiro, José Alves de Oliveira Neto, Luciano Costa, Anand Subramanian
Universidade Federal da Paraíba
maria.cardoso7@professor.pb.gov.br, camilaaeduardo@gmail.com, gustavo.leitecordeiro@gmail.com, jose.oliveira3@academico.ufpb.br, luciano.costa@academico.ufpb.br, anand@ci.ufpb.br

RESUMO

A programação de horários escolares é uma tarefa complexa, dada a variedade de restrições envolvidas. Nas escolas estaduais da Paraíba, esse processo ainda é realizado majoritariamente de forma manual, demandando tempo e esforço elevados e nem sempre resultando em soluções viáveis. Este trabalho propõe um modelo de programação matemática que considera, simultaneamente, a alocação de professores a disciplinas, turmas e horários, respeitando restrições e preferências docentes. O modelo considera particularidades do sistema educacional da Paraíba, como a distinção entre disciplinas obrigatórias e flexíveis, limites de carga horária e critérios de prioridade com base no vínculo dos professores com a escola. O modelo foi aplicado em seis escolas, tendo apresentado resultados que demonstram sua capacidade de gerar soluções viáveis e de qualidade em tempos computacionais reduzidos. As soluções foram implementadas nas escolas analisadas, demonstrando a viabilidade prática da abordagem e seu potencial para tornar mais eficiente o planejamento escolar.

PALAVRAS CHAVE. Programação de horários escolares, Programação Matemática, Estudo de caso.

ABSTRACT

School timetabling is a complex task due to the variety of constraints involved. In the state schools of Paraíba, Brazil, this process is still mostly carried out manually, requiring significant time and effort and not always resulting in feasible solutions. This work proposes a mathematical programming model that simultaneously considers the assignment of teachers to subjects, classes, and time slots, while respecting both constraints and teacher preferences. The model incorporates specific features of the educational system in Paraíba, such as the distinction between mandatory and flexible subjects, teaching load limits, and prioritization criteria based on the teachers' institutional ties. The model was applied to six schools and produced results that demonstrate its ability to generate feasible and high-quality solutions in reduced computational time. The solutions were implemented in the schools analyzed, demonstrating the practical viability of the approach and its potential to improve the efficiency of school scheduling.

KEYWORDS. School timetabling, Mathematical Programming, Case study.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

1. Introdução

O problema de programação de horários é um problema comum, porém desafiador, e que continua sendo necessário de ser resolvido em diversas instituições. Em escolas, a resolução deste problema é uma tarefa complexa que requer o agendamento de encontros (*aulas*) dentro de um período, entre grupos de pessoas, como professores e alunos, considerando várias restrições e objetivos. Entre esses fatores, destacam-se a disponibilidade de professores, os regulamentos de carga horária e as necessidades dos alunos [da Silva, 2021]. A natureza do problema varia entre os diversos sistemas educacionais e países [Al-Yakoob e Sherali, 2015].

Embora os gestores escolares desejem obter soluções que atendam às necessidades e aos requerimentos específicos de cada instituição, a definição de horários escolares ainda é uma atividade bastante exigente. Em escolas de pequeno porte, com poucos professores ou funcionamento em apenas um turno, os horários são frequentemente elaborados de forma manual. Por outro lado, em escolas maiores, com dois ou três turnos, múltiplas turmas e um número elevado de docentes, é comum que os gestores recorram ao uso de softwares e aplicativos pagos para auxiliar na construção dos horários. No entanto, mesmo com o uso dessas ferramentas, a tarefa permanece complexa. Muitos desses sistemas não são capazes de lidar com as necessidades particulares de cada escola, o que faz com que parte do trabalho e do gerenciamento das informações continue sendo realizado manualmente. Além disso, essas ferramentas frequentemente apresentam dificuldades de uso e não oferecem suporte adequado para várias das especificidades exigidas pelas escolas e pelas secretarias de educação.

Normalmente, a confecção de um horário escolar é realizada após duas etapas importantes: a definição da carga horária dos professores (ou seja, a distribuição dos professores nas disciplinas e turmas) e a consideração da disponibilidade de horário de cada docente. Contudo, essa abordagem, baseada primeiro na alocação de professores em disciplinas e turmas para, só então, gerar o horário, tende a tornar o processo mais demorado. Isso ocorre porque a combinação entre a obrigatoriedade de que um determinado professor lecione uma disciplina específica para uma turma específica e a disponibilidade restrita de um ou mais docentes pode dificultar a obtenção de uma solução viável. Essa dificuldade pode aumentar ainda mais a complexidade do processo, fazendo com que os gestores despendam bastante tempo e energia tentando acomodar todas essas especificidades, sendo que, muitas vezes, nem sequer uma solução viável é encontrada. Além disso, essa abordagem gera um trabalho em duplicidade: primeiro a alocação em turmas e disciplinas, depois a geração do horário. Caso nenhuma solução seja obtida, será necessário refazer a alocação de professores para tentar viabilizar o horário, o que resulta em retrabalho.

Mais especificamente, nas escolas estaduais da Paraíba, a geração de horários escolares ainda é, em sua maior parte, realizada de forma manual, após a distribuição dos professores nas disciplinas e turmas. Essa tarefa precisa atender a diversas especificações exigidas pela Secretaria de Educação, incluindo o tratamento de disciplinas flexíveis, o respeito aos limites de carga horária, a previsão de aulas assíncronas e a priorização de determinados profissionais, entre outros aspectos. Diante da complexidade dessa tarefa, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo de programação matemática para resolver esse problema, de forma a atender às necessidades das escolas ao gerar horários eficientes. O modelo considera, simultaneamente, a distribuição dos professores entre turmas e disciplinas, as preferências e disponibilidades dos docentes, bem como as disciplinas base e flexíveis que cada professor está apto a ministrar.

O restante deste trabalho está estruturado como segue: Na Seção 2, são discutidos alguns trabalhos relacionados. Na Seção 3, descreve-se o problema, destacando as principais restrições a serem consideradas. Na Seção 4, é apresentado o modelo matemático proposto para a resolução do problema. Na Seção 5, são apresentados os estudos de caso resolvidos e os resultados obtidos a

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

partir da aplicação do modelo. Por fim, na Seção 6, são apresentadas as conclusões e são apontadas possíveis direções para pesquisas futuras.

2. Revisão da Literatura

O problema de programação de horários tem sido reconhecido como um problema complexo desde sua formalização na década de 1960 por Gotlieb [1962]. Desde então, ele tem sido amplamente estudado [Williams, 1969; Werra, 1971; Árton P. Dorneles et al., 2014]. Trata-se de um problema classificado como NP-difícil [Cooper e Kingston, 1996], sendo de grande relevância na área de Pesquisa Operacional. Na literatura, são apresentadas diversas variantes do problema, entre as quais se destacam: o problema de programação de horários em universidades, cujo objetivo é determinar o horário de disciplinas que integram diferentes currículos; o problema de agendamento de exames escolares, que consiste na programação de um conjunto de exames, um para cada disciplina, ao longo de um determinado período e alocados em salas disponíveis; e o problema de programação de horários em escolas, que envolve a elaboração de quadros de horários semanais, normalmente repetitivos, ministrados em um ou mais turnos, em que cada turma possui um conjunto de professores e uma carga horária semanal específica para cada disciplina [Schaerf, 1999]. A complexidade do problema de programação de horários motivou, inclusive, a organização de competições internacionais, como a *International Timetabling Competition* (ITC), criada em 2002. Essas competições visam estimular o desenvolvimento de métodos capazes de aliar eficiência computacional à capacidade de incorporar restrições e preferências práticas na resolução de problemas de programação de horários.

No problema de programação de horários em escolas, são consideradas restrições relacionadas ao tempo, aos recursos e ao agendamento das atividades. Cada horário escolar é definido com base no número de disciplinas, na disponibilidade de professores, nas salas disponíveis e na quantidade de aulas por dia [Pillay, 2014]. Apesar da existência de componentes básicos semelhantes entre diferentes instituições, diversos aspectos adicionais devem ser levados em consideração. De acordo com Pillay [2014], por exemplo, as turmas podem ou não ter salas fixas; o ginásio pode ser considerado uma sala de aula ou ser compartilhado entre diferentes escolas; e um professor pode estar vinculado a uma única turma. Essas variações geram diferentes conjuntos de restrições, tornando cada instância do problema única. De forma geral, as restrições podem ser classificadas em cinco categorias principais: requisitos do problema, que englobam regras definidas pela escola, pela secretaria de educação ou pelo currículo; restrições de não-conflito, que garantem que apenas um professor e uma disciplina estejam alocados por turma em cada horário; utilização de recursos, que assegura que uma atividade só seja alocada se o recurso necessário, como sala ou horário disponível, estiver disponível; carga de trabalho, que define limites de aulas para professores e turmas; e preferências individuais [Pillay, 2014; Post et al., 2012]. Essas restrições são geralmente divididas em dois grupos: restrições *hard* (mandatórias de serem atendidas), que devem ser obrigatoriamente atendidas para que a solução seja considerada viável, e restrições *soft* (flexíveis), que são desejáveis, mas não obrigatórias. Entre as restrições *hard*, encontram-se os requisitos do problema, as restrições de não-conflito e a utilização adequada dos recursos. Já entre as restrições soft, destacam-se a minimização de períodos ociosos para os professores, a consideração de preferências dos docentes por determinadas turmas e o balanceamento da carga horária docente [Carrasco e Pato, 2004; Pillay, 2014].

No que diz respeito aos métodos de solução, diferentes técnicas foram propostas na literatura. Essas técnicas, em geral, dependem das especificidades de cada problema, as quais são impostas por diferentes países e instituições, e têm evoluído ao longo do tempo [Al-Yakoob e Sherali, 2015; Tan et al., 2021; Pillay, 2014]. Tais características também dificultam o desenvolvimento de uma solução geral para o problema, embora existam diversas iniciativas para padronizar a

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

representação do problema e criar conjuntos de benchmark para sua avaliação [Tan et al., 2021; Ceschia et al., 2023]. Ao longo dos anos, diversas abordagens têm sido utilizadas, incluindo heurísticas e meta-heurísticas, como o método dos fluxos [Werra, 1971], algoritmos de busca local [De Oliveira et al., 2012; Neto e Vianna, 2013], reconexão por caminhos [Spindler, 2010; Coelho e de Souza, 2006], além de técnicas baseadas em Programação Linear Inteira, como os métodos *relax-and-fix*, *fix-and-optimize*, e modelos de programação inteira mista [Árton P. Dorneles et al., 2014; Tan et al., 2021; Ceschia et al., 2023; Kotsko et al., 2009]. Métodos exatos, como o *Branch-and-Bound*, também foram aplicados ao problema [da Silva, 2021]. Dada a complexidade do problema, muitas propostas envolvem sua decomposição. Por exemplo, a abordagem de Al-Yakoob e Sherali [2015] utiliza um esquema em duas fases ou técnicas baseadas em geração de colunas, enquanto Árton P. Dorneles et al. [2014] propõe uma heurística do tipo *fix-and-optimize* com três tipos distintos de decomposição: por turma, por professor ou por dia. Outras abordagens baseiam-se em mecanismos de busca local com estrutura variável, como o método de busca em vizinhança variável (*variable neighborhood descent*, VND), que também utiliza decomposição por turma, professor ou dia.

3. Descrição do Problema

O problema de programação de horários em escolas foi resolvido no contexto das escolas estaduais da Paraíba. Informações detalhadas relacionadas ao estudo de caso considerado são fornecidas na Seção 5.1. Mais especificamente, o problema em questão se apresenta da seguinte forma: o objetivo é alocar, de forma simultânea, professores a matérias, turmas e horários, de modo a gerar uma grade horária viável e adequada ao contexto da escola.

As escolas analisadas são compostas por turmas, cada uma descrita por uma modalidade (Ensino Fundamental, Ensino Médio Regular, Ensino Médio Integral, Educação de Jovens e Adultos etc.), série (9º ano, 1ª série, 2ª série, Ciclo V do EJA etc.) e turno (diurno ou noturno). Nas escolas, as aulas podem ocorrer em blocos de tempo que variam entre 45 minutos e 1 hora, a depender da escola, do turno e da modalidade de ensino. Cada turma possui um número máximo de aulas por dia e a carga horária total, bem como a carga por matéria, varia conforme modalidade, série e turno. No entanto, cada disciplina possui uma quantidade específica de aulas que precisa ser alocada à turma correspondente.

No contexto das escolas estaduais da Paraíba, as matérias são divididas em componentes obrigatórios e componentes flexíveis. Os componentes obrigatórios integram a formação geral básica (como Português, Matemática, Inglês, História, Filosofia etc.). Já os componentes flexíveis fazem parte dos itinerários formativos e incluem disciplinas como Aprofundamentos, Eletivas e Projeto de Vida. Os componentes obrigatórios devem ser ministrados por professores com formação na respectiva área e, preferencialmente, por docentes efetivos. Por outro lado, os componentes flexíveis podem ser ministrados por professores de qualquer área, sendo frequentemente utilizados para complementar a carga horária docente. Visando privilegiar a alocação de determinadas disciplinas em horários específicos —por exemplo, evitando a alocação de componentes obrigatórios nos últimos horários de um turno—, podem ser definidos benefícios específicos associados às combinações de turmas, matérias e *slots*.

As informações associadas aos professores incluem: tipo de contrato (efetivo ou contratado), carga horária mínima e máxima por contrato (por exemplo, de 20 a 27 horas na Paraíba), se o docente é lotado na escola ou apenas a complementa, disciplinas que pode lecionar conforme sua formação, disponibilidade por dia e horário, preferências por série ou modalidade de ensino e disponibilidade para ministrar matérias flexíveis (fora da formação para a qual foi contratado), como Projeto de Vida, Eletivas e Aprofundamentos. Os professores devem, prioritariamente, lecionar as disciplinas correspondentes à sua formação contratual. No entanto, caso seja necessário complementar a carga horária ou na ausência de professores da área, eles poderão ministrar dis-

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

ciplinas correlatas ou componentes flexíveis. O tempo de vínculo do professor com a rede é um critério importante no processo de alocação: o objetivo é maximizar o benefício total da solução, sendo este benefício definido com base nas características dos docentes. Professores efetivos têm prioridade sobre contratados. Dentro do grupo de efetivos, aqueles com maior tempo de carreira têm precedência na escolha de turmas e horários. Além disso, professores efetivos lotados na escola possuem prioridade sobre efetivos não lotados, que, por sua vez, têm preferência em relação aos professores contratados. Assim, o *benefício* atribuído a cada professor na alocação é tanto maior quanto maior sua estabilidade e tempo de vínculo com a instituição.

Restrições institucionais também são consideradas no processo de alocação, como: número máximo de aulas por dia, respeitando os horários de funcionamento da escola; número mínimo de aulas presenciais exigidas; limite de professores por componente curricular; carga horária semanal mínima e máxima de cada docente. A carga horária máxima nunca deve ser ultrapassada. Já a carga horária mínima, embora desejável, pode não ser atendida, considerando a possibilidade de o professor completá-la em outra escola ou possuir direito à redução da jornada de trabalho. Além disso, restrições específicas de cada escola também são incorporadas, como horários diferenciados para determinados componentes (como Educação Física ou Eletivas) e o limite de aulas que um mesmo professor pode ministrar em uma turma por dia, evitando, por exemplo, que um docente lecione muitas aulas consecutivas para a mesma turma.

Para que uma solução seja considerada viável, é necessário evitar conflitos de horários entre aulas alocadas a uma turma, bem como entre as aulas alocadas a um professor. As aulas de uma mesma turma não podem ser alocadas simultaneamente, pois os alunos devem assistir a apenas uma aula por vez. Da mesma forma, um professor não pode ser designado para dois horários coincidentes, dada a impossibilidade de ministrar duas aulas ao mesmo tempo. Além disso, uma disciplina não pode ser atribuída a mais de um professor, salvo em casos regulamentados, como ocorre com Eletivas e Aprofundamentos.

Ao resolver o problema, busca-se realizar a alocação de componentes curriculares e turmas é realizada de forma a permitir a geração de uma grade horária adequada às particularidades de cada instituição. Busca-se respeitar, tanto quanto possível, as preferências dos professores em termos de turmas, matérias e horários priorizados, bem como assegurar conforto e coerência na jornada escolar dos alunos, garantindo, ao mesmo tempo, o cumprimento das restrições *hard*. Esse conjunto de restrições gerais é suficiente para gerar uma solução viável para a maioria das escolas. No entanto, a qualidade da alocação depende de critérios específicos de cada instituição. Entre os aspectos desejáveis estão: manter o mesmo professor responsável por determinada disciplina em uma turma; e minimizar janelas na jornada dos professores. Esses elementos contribuem para a continuidade pedagógica, o bom aproveitamento do tempo escolar e a adequação da alocação às necessidades dos docentes e da gestão escolar.

4. Modelo Matemático

Nesta seção, é apresentado o modelo matemático proposto para resolver o problema de programação de horários escolares tratado neste trabalho.

- **Conjuntos**
  - P: Conjunto dos professores.
  - T: Conjunto das turmas (1^o A, 1^o B, . . ., 3^o A, 3^o B, . . .).
  - M: Conjunto das matérias.
  - D: Conjunto dos dias.
  - H: Conjunto dos horários.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

- M_t: Conjunto das matérias da turma $t \in T$.
- M_p: Conjunto das matérias do professor $p \in P$.
- P_m: Conjunto dos professores da matéria $m \in M$.
- M_{pt}: Conjunto das matérias do professor $p \in P$ na turma $t \in T$.
- S: Conjunto dos *slots* (dias e horários): $\{h + (d-1) \times |H| \,|\, \forall d \in D, h \in H\}$.
- S_t: Conjunto dos *slots* da turma t .
- S_d: Conjunto de *slots* que do dia d.
- S_p: Conjunto dos *slots* de preferência de horário/dia do professor p.
- S_{pt}: Conjunto dos possíveis *slots* do professor p na turma $t \in T$.

- **Dados**
  - a_{tm}: Número de aulas da matéria m que a turma t necessita.
  - a_{td}: Número de aulas que a turma t deve ter no dia d.
  - $\ell_p^{\min}$ e $\ell_p^{\max}$: Limites mínimos e máximos de carga horária que um professor pode ministrar.
  - n_{max}: Número máximo de aulas do professor p na turma t no dia d definido pela escola.

- **Parâmetros**
  - b_{pmt}: Benefício de alocar um professor p, lecionando a matéria m, a uma turma t.
  - h_{mts}: Benefício de alocar uma matéria m na turma t em um *slot* s.
  - α_i: Peso dado à restrição *soft* i.

- **Variáveis de Decisão**
  - x_{pmts}: Variável binária que indica se o professor p ensina a matéria m na turma t no slot s.
  - y_p: Variável inteira que indica quantas aulas a menos o professor p tem em relação a $\ell_p^{\min}$.
  - z_{pmt}: Variável binária que indica se o professor p leciona alguma vez a matéria m na turma t.
  - u_{ptd}: Variável inteira que indica quantas aulas a mais o professor p tem na turma t no dia d, em relação a n_{max}.

O modelo de programação matemática proposta pode ser escrito da seguinte forma:

$$\max \sum_{p\in P}\sum_{m\in M}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} b_{pmt}h_{mts}x_{pmts} - \sum_{p\in P}\alpha_1 y_p - \sum_{p\in P}\sum_{t\in T}\sum_{d\in D}\alpha_2 u_{ptd} \tag{1}$$

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

Sujeito a:

$$\sum_{p\in P}\sum_{m\in M_{pt}} x_{pmts} \leq 1 \qquad t \in T, s \in S_t \tag{2}$$

$$\sum_{t\in T}\sum_{m\in M_{pt}} x_{pmts} \leq 1 \qquad p \in P, s \in S_p \tag{3}$$

$$l_{min} - y_p \leq \sum_{t\in T}\sum_{m\in M_{pt}}\sum_{s\in S_{pt}} x_{pmts} \leq l_{max} \qquad p \in P \tag{4}$$

$$\sum_{p\in P_m}\sum_{s\in S_{pt}} x_{pmts} = a_{tm} \qquad t \in T, m \in M_t \tag{5}$$

$$\sum_{p\in P}\sum_{m\in M_{pt}}\sum_{s\in Sd} x_{pmts} \leq a_{td} \qquad t \in T, d \in D \tag{6}$$

$$\sum_{m\in M_{pt}}\sum_{s\in S_d} x_{pmts} \leq n_{max} + u_{ptd} \qquad p \in P, t \in T, d \in D \tag{7}$$

$$\sum_{p\in P_m} z_{pmt} \leq 1 \qquad t \in T, m \in M_t \tag{8}$$

$$x_{pmts} \leq z_{pmt} \qquad t \in T, m \in M_t, p \in P_m, s \in S_{pt} \tag{9}$$

$$u_{ptd} \geq 0 \qquad p \in P, t \in T, d \in D \tag{10}$$

$$y_p \in \mathbb{Z}^+ \qquad p \in P \tag{11}$$

$$x_{pmts} \in \{0,1\} \qquad t \in T, m \in M_t, p \in P_m, s \in S_{pt} \tag{12}$$

$$z_{pmt} \in \{0,1\} \qquad t \in T, m \in M_t, p \in P_m. \tag{13}$$

A função objetivo (1) visa maximizar o benefício associado à alocação de professores às turmas e matérias. Além disso, penaliza o descumprimento de restrições do tipo *soft*, com base em pesos que indicam o grau de importância relativo entre elas. Como algumas restrições do problema são modeladas como flexíveis, parcelas de penalização são incluídas na função objetivo para refletir seu descumprimento. As restrições (2) garantem que as matérias alocadas a uma mesma turma não apresentem conflitos de horário. As restrições (3) asseguram que as matérias atribuídas a um mesmo professor também não tenham choques de horário entre si. As restrições (4) garantem que a carga horária total atribuída a um professor não ultrapasse o limite máximo permitido, além de buscar atender à carga horária mínima. Caso essa carga mínima não seja satisfeita, uma penalidade é aplicada na função objetivo. As restrições (5) garantem que o número de aulas de cada matéria em uma turma seja integralmente atendido. As restrições (6) garantem que o número de aulas na turma por dia não será excedido. As restrições (7) limitam o número máximo de aulas que um mesmo professor pode ministrar por dia em uma mesma turma. As restrições (8) asseguram que todas as aulas de uma determinada matéria em uma turma sejam lecionadas por um único professor. As restrições (9) identificam se um professor foi ou não atribuído para ministrar uma matéria em uma turma. Por fim, as restrições (10)–(13) definem os domínios das variáveis do modelo.

5. Resultados

Nesta seção será descrito o estudo de caso resolvido, bem como serão apresentados os resultados obtidos a partir da resolução do problema. O modelo proposto foi implementado na linguagem Python, utilizando a biblioteca Python-MIP (`https://www.python-mip.com/`). O modelo foi resolvido utilizando o *solver* CBC (COIN-OR) em um computador equipado com processador Intel(R) Core(R) i5-1135G7, operando a 2.4 GHz, com 16 GB de memoria RAM, sob o sistema operacional Windows. Os testes foram executados utilizando apenas uma *thread*.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

5.1. Estudo de Caso

O modelo proposto foi validado utilizando dados de seis escolas da rede estadual de ensino da Paraíba, associadas a diferentes modalidades de ensino e turnos, e que apresentam distintas dimensões e configurações. Em termos de modalidades de ensino, foram consideradas escolas com turmas de Ensino Fundamental (6^o ao 9^o ano), Ensino Médio Regular (1^a à 3^a série) e Educação de Jovens e Adultos (EJA)–Ciclos V e VI, cada uma com suas especificações quanto às disciplinas, carga horária por dia, série e turno. Nos turnos diurnos, o número de aulas por turma é fixo: são ministradas 6 aulas de 1 hora por dia, totalizando uma carga horária semanal de 30 horas/aula. Entretanto, no turno noturno, há a inclusão de uma porcentagem de aulas assíncronas tanto no Ensino Médio Regular quanto na EJA. No Ensino Médio Regular noturno, a carga horária semanal é de 30 horas/aula, das quais 20 horas são presenciais e 10 horas correspondem a aulas remotas assíncronas. Dessa forma, essa modalidade conta com apenas 4 aulas presenciais por dia de funcionamento. No caso da EJA, a carga horária total é de 32 horas/aula semanais, sendo 25 horas presenciais, o que equivale a 5 aulas por dia. Essas informações estão consolidadas na Tabela 1. Assim, são utilizados como parâmetro no modelo o número de aulas que cada turma deve ter por dia: $a_{td} = 6$ para o ensino diurno, $a_{td} = 4$ para o ensino médio regular noturno e $a_{td} = 5$ para o EJA. O número máximo de aulas que um professor pode ministrar por dia em uma mesma turma foi definido como $n_{max} = 2$, podendo esse valor ser ajustado conforme as preferências e políticas de cada escola.

O modelo foi testado em escolas de pequeno porte (com até 200 alunos) e de grande porte (com mais de 200 alunos). Foram consideradas quatro escolas de pequeno porte: Escola Cidadã Integral Irineu Pinto, Escola Estadual de Ensino Fundamental Senador Teotônio Vilela, Escola Estadual de Ensino Fundamental Várzea Nova e Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professora Maria Bronzeado Machado. Também foram incluídas duas escolas de grande porte: Escola José D'Ávila Lins e Escola Orlando Cavalcanti Gomes, esta última sendo atualmente a maior escola da cidade de João Pessoa em termos de número de alunos. O detalhamento referente ao número de turnos de funcionamento, número de turmas, número de professores e total de alunos de cada escola está apresentado na Tabela 2.

Modalidade	**Turno**	**Etapa**	**CH total**	**CH Presencial**	**CH Online**
Ensino Fundamental	Matutino	6º a 9º ano	30h/aula	6h/aula	0h/aula
Ensino Médio	Matutino	1ª a 3ª série	30h/aula	6h/aula	0h/aula
	Vespertino	1ª a 3ª série	30h/aula	6h/aula	0h/aula
	Noturno	1ª a 3ª série	30h/aula	4h/aula	2h/aula
EJA	Noturno	Ciclos V e VI	30h/aula	5h/aula	1h/aula

Tabela 1: Carga horária diária das etapas por modalidade de ensino e turno

Escola	**Nº de Turnos**	**Nº de Turmas**	**Nº de Professores**	**Nº de Alunos**
Senador Teotônio Vilela	1	4	7	170
Várzea Nova	1	4	9	160
Prof. Maria Bronzeado Machado	1	6	13	200
ECI Irineu Pinto	1	8	12	170
Eng. José D'Ávila Lins	3	25	36	900
Orlando Cavalcanti Gomes	2	28	45	1120

Tabela 2: Mapa geral das escolas, mostrando o número de turnos testados, nº de turmas e professores

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

5.2. Experimentos

Nesta seção, são descritos alguns dos resultados obtidos a partir da resolução do modelo para os casos estudados. Conforme apresentado na Tabela 3, o modelo demonstrou boa escalabilidade, sendo capaz de gerar soluções em tempos computacionais aceitáveis. Para as escolas de pequeno porte, os tempos de resolução foram inferiores a 1 minuto. Já para as escolas de grande porte, o tempo necessário variou entre 8 e 30 minutos. Esses resultados evidenciam a viabilidade computacional da abordagem adotada, especialmente quando comparada aos métodos manuais tipicamente empregados pelas escolas. Nessas abordagens tradicionais, mesmo em instituições de pequeno porte, a construção dos horários demandava um esforço significativo por parte dos gestores, podendo levar horas ou até mesmo dias para ser concluída.

Escola	**Turno**	**Tempo**
Senador Teotônio Vilela	Matutino	1 min
Várzea Nova	Matutino	1 min
Prof. Maria Bronzeado Machado	Matutino	1 min
ECI Irineu Pinto	Noturno	1 min
Eng. José D'Ávila Lins	Matutino	8 a 30 min
	Vespertino	1 min
	Noturno	1 min
	Vespertino+Noturno	1 min
	TODOS	8 a 30 min
Orlando Cavalcanti Gomes	Matutino	4 a 5 min
	Vespertino	4 a 5 min

Tabela 3: Tempos de solução para as escolas testadas

Todos os resultados gerados foram colocados em prática nas escolas estudadas. Visando facilitar a utilização desses resultados por parte dos gestores, foram desenvolvidas três visualizações distintas: o horário geral por escola (exemplificado nas Figuras 1); o horário por turma (exemplificado na Figura 2); e o horário por professor (exemplificado na Figura 3). Além disso, foi gerado um relatório de síntese, em formato `.csv`, contendo um resumo das cargas horárias atribuídas a cada professor. Devido a restrições de espaço, apenas uma seleção representativa das tabelas é apresentada nesta seção. As figuras têm propósito ilustrativo para entendimento da solução gerada.

5.3. Discussões

Diferentemente da abordagem tradicional manual (frequentemente realizada com o auxílio de softwares genéricos), na qual os professores são primeiramente alocados às disciplinas para, somente após isso, ser realizada a construção dos horários, o modelo proposto busca integrar a alocação de professores diretamente à geração dos horários. Essa integração proporciona maior flexibilidade ao processo e possibilita a obtenção de soluções de melhor qualidade. Na prática, era comum que, após a definição da carga horária dos professores, surgissem incompatibilidades que exigissem a realocação de um docente entre turmas ou disciplinas flexíveis, tornando necessário reiniciar todo o trabalho de construção do horário. O uso do modelo matemático também garante o atendimento de todos os requisitos associados ao problema, respeitando tanto as restrições obrigatórias quanto as preferencias. Além da redução do tempo necessário para a construção dos horários escolares, o simples ato de automatizar uma tarefa tradicionalmente realizada de forma manual representa uma contribuição significativa, ao tornar o processo mais eficiente. O tempo anteriormente despendido pelos gestores na elaboração dos horários pode, assim, ser redirecionado para outras atividades administrativas e pedagógicas. Outro benefício associado ao uso do modelo

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br



SEGUNDA

Aula	1 SERIE A	1 SERIE B	1 SERIE C	1 SERIE D	1 SERIE E	1 SERIE F	1 SERIE G	2 SERIE A	2 SERIE B	2 SERIE C	2 SERIE D	3 SERIE A	3 SERIE B	3 SERIE C
1	PORT (Prof_4)	QUIMICA (Prof_34)	BIOLOGIA (Prof_36)	MATEMAT (Prof_31)	PV (Prof_26)	ESPANHOL (Prof_27)	FILOSOFIA (Prof_3)	GEOGRAFIA (Prof_8)	REC PORT (Prof_11)	MATEMAT (Prof_15)	REC MAT (Prof_5)	PORT (Prof_7)	QUIMICA (Prof_32)	FISICA (Prof_6)
2	QUIMICA (Prof_34)	BIOLOGIA (Prof_36)	ESPANHOL (Prof_27)	PORT (Prof_4)	MATEMAT (Prof_15)	QUIMICA (Prof_32)	PORT (Prof_11)	FILOSOFIA (Prof_3)	INGLES (Prof_35)	REC MAT (Prof_5)	GEOGRAFIA (Prof_8)	PV (Prof_26)	FISICA (Prof_6)	PORT (Prof_7)
3	BIOLOGIA (Prof_36)	P TEXTUAL (Prof_4)	QUIMICA (Prof_34)	MATEMAT (Prof_31)	QUIMICA (Prof_32)	PORT (Prof_11)	ESPANHOL (Prof_27)	INGLES (Prof_35)	PV (Prof_26)	GEOGRAFIA (Prof_8)	MATEMAT (Prof_15)	REC MAT (Prof_5)	PV (Prof_3)	PORT (Prof_7)
4	MATEMAT (Prof_15)	ESPANHOL (Prof_27)	FILOSOFIA (Prof_3)	PV (Prof_26)	FISICA (Prof_6)	PORT (Prof_11)	BIOLOGIA (Prof_36)	REC MAT (Prof_5)	REC MAT (Prof_31)	INGLES (Prof_35)	GEOGRAFIA (Prof_8)	PORT (Prof_7)	REC PORT (Prof_4)	MATEMAT (Prof_28)
5	ESPANHOL (Prof_27)	MATEMAT (Prof_15)	MATEMAT (Prof_31)	P TEXTUAL (Prof_4)	ELETIVA (Prof_26)	REC MAT (Prof_5)	PORT (Prof_11)	MATEMAT (Prof_28)	ELETIVA (Prof_7)	GEOGRAFIA (Prof_8)	INGLES (Prof_35)	FISICA (Prof_6)	PV (Prof_3)	ELETIVA (Prof_34)
6	PV (Prof_3)	INGLES (Prof_35)	MATEMAT (Prof_31)	ESPANHOL (Prof_27)	PORT (Prof_11)	ELETIVA (Prof_26)	ELETIVA (Prof_7)	GEOGRAFIA (Prof_8)	MATEMAT (Prof_28)	MATEMAT (Prof_15)	ELETIVA (Prof_34)	FISICA (Prof_6)	REC MAT (Prof_5)	P TEXTUAL (Prof_4)

TERCA

Aula	1 SERIE A	1 SERIE B	1 SERIE C	1 SERIE D	1 SERIE E	1 SERIE F	1 SERIE G	2 SERIE A	2 SERIE B	2 SERIE C	2 SERIE D	3 SERIE A	3 SERIE B	3 SERIE C
1	MATEMAT (Prof_15)	FILOSOFIA (Prof_3)	GEOGRAFIA (Prof_25)	MATEMAT (Prof_31)	PV (Prof_26)	PV (Prof_13)	PORT (Prof_11)	PORT (Prof_22)	ED FISICA (Prof_24)	REC PORT (Prof_4)	SOC (Prof_23)	BIOLOGIA (Prof_33)	PORT (Prof_7)	ESPANHOL (Prof_9)
2	HISTORIA (Prof_13)	GEOGRAFIA (Prof_25)	BIOLOGIA (Prof_36)	PV (Prof_26)	REC MAT (Prof_31)	P TEXTUAL (Prof_4)	FISICA (Prof_6)	PORT (Prof_22)	FILOSOFIA (Prof_3)	MATEMAT (Prof_15)	ESPANHOL (Prof_9)	REC PORT (Prof_7)	SOC (Prof_23)	BIOLOGIA (Prof_33)
3	PV (Prof_3)	BIOLOGIA (Prof_36)	GEOGRAFIA (Prof_25)	REC PORT (Prof_11)	MATEMAT (Prof_15)	REC PORT (Prof_22)	REC PORT (Prof_4)	SOC (Prof_23)	PV (Prof_26)	FISICA (Prof_6)	HISTORIA (Prof_13)	P TEXTUAL (Prof_7)	BIOLOGIA (Prof_33)	ED FISICA (Prof_24)
4	GEOGRAFIA (Prof_25)	ARTE (Prof_12)	MATEMAT (Prof_31)	BIOLOGIA (Prof_36)	PORT (Prof_11)	FISICA (Prof_6)	REC MAT (Prof_15)	ED FISICA (Prof_24)	SOC (Prof_23)	FILOSOFIA (Prof_3)	PORT (Prof_22)	PV (Prof_26)	PORT (Prof_7)	PV (Prof_13)
5	FILOSOFIA (Prof_3)	PORT (Prof_4)	ARTE (Prof_12)	MATEMAT (Prof_31)	PORT (Prof_11)	GEOGRAFIA (Prof_25)	ELETIVA (Prof_7)	ELETIVA (Prof_33)	ESPANHOL (Prof_9)	FISICA (Prof_6)	ED FISICA (Prof_24)	SOC (Prof_23)	ELETIVA (Prof_34)	PV (Prof_13)
6	ARTE (Prof_12)	FISICA (Prof_6)	MATEMAT (Prof_31)	PORT (Prof_4)	BIOLOGIA (Prof_36)	PORT (Prof_11)	GEOGRAFIA (Prof_25)	ELETIVA (Prof_33)	HISTORIA (Prof_13)	ELETIVA (Prof_26)	FILOSOFIA (Prof_3)	ED FISICA (Prof_24)	ESPANHOL (Prof_9)	SOC (Prof_23)

QUARTA

Aula	1 SERIE A	1 SERIE B	1 SERIE C	1 SERIE D	1 SERIE E	1 SERIE F	1 SERIE G	2 SERIE A	2 SERIE B	2 SERIE C	2 SERIE D	3 SERIE A	3 SERIE B	3 SERIE C
1	FISICA (Prof_6)	QUIMICA (Prof_34)	P TEXTUAL (Prof_4)	QUIMICA (Prof_32)	MATEMAT (Prof_15)	MATEMAT (Prof_29)	GEOGRAFIA (Prof_25)	BIOLOGIA (Prof_10)	PORT (Prof_22)	HISTORIA (Prof_13)	QUIMICA (Prof_2)	HISTORIA (Prof_19)	INGLES (Prof_21)	ARTE (Prof_12)
2	P TEXTUAL (Prof_4)	FISICA (Prof_6)	HISTORIA (Prof_13)	QUIMICA (Prof_32)	MATEMAT (Prof_15)	GEOGRAFIA (Prof_25)	MATEMAT (Prof_29)	QUIMICA (Prof_2)	BIOLOGIA (Prof_36)	BIOLOGIA (Prof_10)	P TEXTUAL (Prof_22)	ARTE (Prof_12)	HISTORIA (Prof_19)	INGLES (Prof_21)
3	MATEMAT (Prof_15)	GEOGRAFIA (Prof_25)	PORT (Prof_4)	INGLES (Prof_21)	BIOLOGIA (Prof_36)	MATEMAT (Prof_29)	QUIMICA (Prof_34)	QUIMICA (Prof_2)	PORT (Prof_22)	ARTE (Prof_12)	HISTORIA (Prof_13)	QUIMICA (Prof_32)	FISICA (Prof_6)	HISTORIA (Prof_19)
4	GEOGRAFIA (Prof_25)	HISTORIA (Prof_19)	HISTORIA (Prof_13)	FISICA (Prof_6)	ARTE (Prof_12)	BIOLOGIA (Prof_36)	QUIMICA (Prof_34)	REC PORT (Prof_22)	QUIMICA (Prof_2)	BIOLOGIA (Prof_10)	MATEMAT (Prof_15)	INGLES (Prof_21)	MATEMAT (Prof_29)	QUIMICA (Prof_32)
5	PORT (Prof_4)	ELETIVA (Prof_19)	INGLES (Prof_21)	FISICA (Prof_6)	GEOGRAFIA (Prof_25)	QUIMICA (Prof_32)	MATEMAT (Prof_29)	HISTORIA (Prof_13)	ARTE (Prof_12)	PORT (Prof_22)	MATEMAT (Prof_15)	ELETIVA (Prof_2)	ELETIVA (Prof_10)	ELETIVA (Prof_34)
6	ELETIVA (Prof_34)	MATEMAT (Prof_15)	REC PORT (Prof_22)	PORT (Prof_4)	GEOGRAFIA (Prof_25)	HISTORIA (Prof_19)	INGLES (Prof_21)	BIOLOGIA (Prof_10)	BIOLOGIA (Prof_36)	QUIMICA (Prof_2)	ARTE (Prof_12)	MATEMAT (Prof_29)	QUIMICA (Prof_32)	FISICA (Prof_6)

QUINTA

Aula	1 SERIE A	1 SERIE B	1 SERIE C	1 SERIE D	1 SERIE E	1 SERIE F	1 SERIE G	2 SERIE A	2 SERIE B	2 SERIE C	2 SERIE D	3 SERIE A	3 SERIE B	3 SERIE C
1	QUIMICA (Prof_34)	MATEMAT (Prof_15)	ED FISICA (Prof_24)	ARTE (Prof_12)	P TEXTUAL (Prof_4)	SOC (Prof_16)	BIOLOGIA (Prof_36)	HISTORIA (Prof_13)	GEOGRAFIA (Prof_17)	P TEXTUAL (Prof_22)	PV (Prof_18)	MATEMAT (Prof_29)	FILOSOFIA (Prof_30)	BIOLOGIA (Prof_33)
2	BIOLOGIA (Prof_36)	PV (Prof_24)	PORT (Prof_4)	SOC (Prof_16)	HISTORIA (Prof_19)	FILOSOFIA (Prof_30)	ARTE (Prof_12)	PV (Prof_18)	HISTORIA (Prof_13)	MATEMAT (Prof_15)	PORT (Prof_22)	QUIMICA (Prof_32)	BIOLOGIA (Prof_33)	MATEMAT (Prof_28)
3	MATEMAT (Prof_15)	REC PORT (Prof_22)	QUIMICA (Prof_34)	HISTORIA (Prof_19)	QUIMICA (Prof_32)	PV (Prof_13)	SOC (Prof_16)	ARTE (Prof_12)	P TEXTUAL (Prof_4)	ED FISICA (Prof_24)	BIOLOGIA (Prof_36)	FILOSOFIA (Prof_30)	MATEMAT (Prof_29)	MATEMAT (Prof_28)
4	PORT (Prof_4)	MATEMAT (Prof_15)	SOC (Prof_16)	HISTORIA (Prof_19)	FILOSOFIA (Prof_30)	ARTE (Prof_12)	PV (Prof_18)	MATEMAT (Prof_28)	GEOGRAFIA (Prof_17)	HISTORIA (Prof_13)	BIOLOGIA (Prof_36)	BIOLOGIA (Prof_33)	MATEMAT (Prof_29)	QUIMICA (Prof_32)
5	ELETIVA (Prof_34)	PV (Prof_24)	ELETIVA (Prof_32)	FILOSOFIA (Prof_30)	SOC (Prof_16)	BIOLOGIA (Prof_36)	MATEMAT (Prof_29)	PV (Prof_18)	ELETIVA (Prof_33)	PORT (Prof_22)	MATEMAT (Prof_15)	HISTORIA (Prof_19)	ARTE (Prof_12)	GEOGRAFIA (Prof_17)
6	HISTORIA (Prof_13)	SOC (Prof_16)	ELETIVA (Prof_32)	BIOLOGIA (Prof_36)	ELETIVA (Prof_33)	MATEMAT (Prof_29)	HISTORIA (Prof_19)	P TEXTUAL (Prof_4)	MATEMAT (Prof_28)	ELETIVA (Prof_34)	REC PORT (Prof_22)	GEOGRAFIA (Prof_17)	ED FISICA (Prof_24)	FILOSOFIA (Prof_30)

SEXTA

Aula	1 SERIE A	1 SERIE B	1 SERIE C	1 SERIE D	1 SERIE E	1 SERIE F	1 SERIE G	2 SERIE A	2 SERIE B	2 SERIE C	2 SERIE D	3 SERIE A	3 SERIE B	3 SERIE C
1	REC MAT (Prof_20)	PORT (Prof_4)	PV (Prof_18)	ED FISICA (Prof_1)	HISTORIA (Prof_19)	INGLES (Prof_21)	FISICA (Prof_6)	PORT (Prof_22)	QUIMICA (Prof_2)	ESPANHOL (Prof_9)	FISICA (Prof_14)	MATEMAT (Prof_29)	P TEXTUAL (Prof_7)	GEOGRAFIA (Prof_17)
2	REC PORT (Prof_22)	HISTORIA (Prof_19)	PORT (Prof_4)	REC MAT (Prof_20)	ESPANHOL (Prof_9)	FISICA (Prof_6)	ED FISICA (Prof_1)	FISICA (Prof_14)	MATEMAT (Prof_28)	QUIMICA (Prof_2)	PV (Prof_18)	GEOGRAFIA (Prof_17)	MATEMAT (Prof_29)	PORT (Prof_7)
3	FISICA (Prof_6)	PORT (Prof_4)	PV (Prof_18)	GEOGRAFIA (Prof_17)	INGLES (Prof_21)	ED FISICA (Prof_1)	HISTORIA (Prof_19)	MATEMAT (Prof_28)	FISICA (Prof_14)	PORT (Prof_22)	QUIMICA (Prof_2)	ESPANHOL (Prof_9)	PORT (Prof_7)	REC MAT (Prof_20)
4	INGLES (Prof_21)	REC MAT (Prof_20)	FISICA (Prof_6)	GEOGRAFIA (Prof_17)	ED FISICA (Prof_1)	MATEMAT (Prof_29)	PV (Prof_18)	ESPANHOL (Prof_9)	PORT (Prof_22)	SOC (Prof_16)	FISICA (Prof_14)	PORT (Prof_7)	HISTORIA (Prof_19)	MATEMAT (Prof_28)
5	SOC (Prof_16)	ED FISICA (Prof_1)	FISICA (Prof_6)	ELETIVA (Prof_7)	REC PORT (Prof_22)	ELETIVA (Prof_2)	P TEXTUAL (Prof_4)	FISICA (Prof_14)	MATEMAT (Prof_28)	PV (Prof_18)	ELETIVA (Prof_34)	MATEMAT (Prof_29)	GEOGRAFIA (Prof_17)	HISTORIA (Prof_19)
6	ED FISICA (Prof_1)	ELETIVA (Prof_34)	REC MAT (Prof_20)	ELETIVA (Prof_7)	FISICA (Prof_6)	HISTORIA (Prof_19)	MATEMAT (Prof_29)	MATEMAT (Prof_28)	FISICA (Prof_14)	PV (Prof_18)	PORT (Prof_22)	ELETIVA (Prof_2)	GEOGRAFIA (Prof_17)	REC PORT (Prof_4)

Figura 1: Exemplo de horário geral (Escola Orlando Cavalcanti Gomes).

1 SERIE A VESPERTINO

Aula	SEGUNDA	TERCA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
1	PORTUGUES (Prof_4)	MATEMATICA (Prof_15)	FISICA (Prof_6)	QUIMICA (Prof_34)	REC MAT (Prof_20)
2	QUIMICA (Prof_34)	HISTORIA (Prof_13)	P TEXTUAL (Prof_4)	BIOLOGIA (Prof_36)	REC PORT (Prof_22)
3	BIOLOGIA (Prof_36)	PV (Prof_3)	MATEMATICA (Prof_15)	MATEMATICA (Prof_15)	FISICA (Prof_6)
4	MATEMATICA (Prof_15)	GEOGRAFIA (Prof_25)	GEOGRAFIA (Prof_25)	PORTUGUES (Prof_4)	INGLES (Prof_21)
5	ESPANHOL (Prof_27)	FILOSOFIA (Prof_3)	PORTUGUES (Prof_4)	ELETIVA (Prof_34)	SOCIOLOGIA (Prof_16)
6	PV (Prof_3)	ARTE (Prof_12)	ELETIVA (Prof_34)	HISTORIA (Prof_13)	ED FISICA (Prof_1)

Figura 2: Exemplo de horário de turmas.

matemático reside no fato de que, por ser capaz de gerar soluções rapidamente, ele permite a análise de diferentes cenários, possibilitando uma melhor utilização dos recursos disponíveis.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

PROFESSOR 5

	Aula	SEGUNDA	TERCA	QUARTA	QUINTA	SEXTA
MANHÃ	1	REC MAT (3 SERIE-D)		MATEMATICA (1 SERIE-D)	MATEMATICA (1 SERIE-E)	
	2	MATEMATICA (1 SERIE-C)		MATEMATICA (1 SERIE-C)	MATEMATICA (1 SERIE-D)	
	3	MATEMATICA (1 SERIE-C)		MATEMATICA (1 SERIE-C)	REC MAT (3 SERIE-C)	
	4	REC MAT (1 SERIE-A)		MATEMATICA (1 SERIE-D)	MATEMATICA (1 SERIE-E)	
	5	MATEMATICA (1 SERIE-E)		REC MAT (3 SERIE-A)	MATEMATICA (1 SERIE-D)	
	6	MATEMATICA (1 SERIE-E)		REC MAT (2 SERIE-B)	REC MAT (2 SERIE-C)	
TARDE	1	REC MAT (2 SERIE-D)				
	2	REC MAT (2 SERIE-C)				
	3	REC MAT (3 SERIE-A)				
	4	REC MAT (2 SERIE-A)				
	5	REC MAT (1 SERIE-F)				
	6	REC MAT (3 SERIE-B)				

Figura 3: Exemplo de horário de professores.

6. Conclusões

Neste trabalho, foi proposto um modelo de programação matemática para resolver o problema de programação de horários nas escolas públicas estaduais da Paraíba. O modelo mostrou-se capaz de gerar soluções em tempos computacionais reduzidos, sendo possível construir horários escolares em menos de um minuto para escolas de pequeno porte e em poucos minutos por turno para escolas de maior porte. Esses resultados demonstram que o modelo apresenta boa escalabilidade, apresentando-se como uma abordagem adequada para ser utilizada na prática, especialmente quando comparada a outras estratégias previamente adotadas nas escolas, nas quais a elaboração do horário de uma escola pequena poderia demandar horas ou até dias. O modelo matemático foi capaz de gerar soluções com boa qualidade, atendendo tanto às restrições quanto às preferências definidas, em tempos computacionais reduzidos. Tais soluções foram implantadas e estão em uso atualmente.

Uma das principais dificuldades enfrentadas durante a aplicação do modelo refere-se à obtenção das informações necessárias, em especial aquelas relacionadas às preferências e disponibilidades dos professores. Muitas vezes, os docentes forneciam informações limitadas, o que dificultava a geração de soluções pelo modelo. A flexibilização das preferências e disponibilidades pode contribuir para acelerar a obtenção de soluções viáveis e de melhor qualidade. Espera-se que, com o tempo, à medida que a abordagem se torne mais difundida, o modelo seja capaz de gerar resultados ainda mais satisfatórios.

Este artigo integra um projeto mais amplo, cujo objetivo é o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão a ser implantado em todas as escolas estaduais da Paraíba. Atualmente, o sistema encontra-se em fase de desenvolvimento. Nas próximas etapas, o modelo será aplicado a um número maior de escolas da rede estadual. Além disso, o modelo está sendo adaptado para tratar casos mais complexos, como o das escolas de tempo integral, que têm se tornado cada vez mais comuns no estado da Paraíba. Esses cenários tendem a aumentar a complexidade do problema, o que poderá exigir o desenvolvimento e a incorporação de métodos de otimização mais avançados.

Referências

Al-Yakoob, S. M. e Sherali, H. D. (2015). Mathematical models and algorithms for a high school timetabling problem. *Computers & Operations Research*, 61:56–68. ISSN 0305-0548.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br

Carrasco, M. P. e Pato, M. V. (2004). A comparison of discrete and continuous neural network approaches to solve the class/teacher timetabling problem. *European Journal of Operational Research*, 153(1):65–79.

Ceschia, S., Di Gaspero, L., e Schaerf, A. (2023). Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results. *European Journal of Operational Research*, 308(1):1–18.

Coelho, A. M. e de Souza, S. R. (2006). Um algoritmo híbrido baseado em algoritmos meméticos e reconexão por caminhos para resolução do problema de horário escolar.

Cooper, T. B. e Kingston, J. H. (1996). The complexity of timetable construction problems. In *Practice and Theory of Automated Timetabling: First International Conference Edinburgh, UK, August 29–September 1, 1995 Selected Papers 1*, p. 281–295. Springer.

da Silva, B. A. (2021). *Problema de Programação de Horários em Escolas: um estudo de caso*. Monografia de graduação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de janeiro.

De Oliveira, J. G., Vianna, D. S., e Vianna, M. d. F. D. (2012). Uma heurística grasp+vnd para o problema de programação de horário escolar. *Sistemas & Gestão*, 7(3):326–335.

Gotlieb, C. C. (1962). The construction of class-teacher time-tables. In *IFIP Congress*.

Kotsko, E. G. d. S., Machado, A. L. d. F., e Santos, E. M. d. (2009). Otimização na alocação de professores na construção de uma grade horária escolar. *AMBIÊNCIA*, 1(1):31–45.

Neto, E. P. e Vianna, D. S. (2013). Heurísticas eficientes para o problema de geração de grade escolar automatizada. *Revista Eletrônica Produção & Engenharia*, 4(1):330–337.

Pillay, N. (2014). A survey of school timetabling research. *Annals of Operations Research*, 218: 261–293.

Post, G., Ahmadi, S., Daskalaki, S., Kingston, J. H., Kyngas, J., Nurmi, C., e Ranson, D. (2012). An xml format for benchmarks in high school timetabling. *Annals of Operations Research*, 194: 385–397.

Schaerf, A. (1999). A survey of automated timetabling. *Artificial intelligence review*, 13:87–127.

Spindler, M. (2010). *Uma proposta de solução para problemas de horário educacional utilizando busca dispersa e reconexão por caminhos*. Dissertação de mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Tan, J. S., Goh, S. L., Kendall, G., e Sabar, N. R. (2021). A survey of the state-of-the-art of optimisation methodologies in school timetabling problems. *Expert Systems with Applications*, 165:113943.

Werra, D. (1971). Relatório técnico, University of Waterloo.

Williams, M. R. (1969). *A graph theory model for the computer solution of university time-tables and related problems*. Tese de doutorado, University of Glasgow, Glasgow, Scotland.

Árton P. Dorneles, de Araújo, O. C., e Buriol, L. S. (2014). A fix-and-optimize heuristic for the high school timetabling problem. *Computers & Operations Research*, 52:29–38. ISSN 0305-0548.

DOI: 10.59254/sbpo-2025-212261
https://proceedings.science/p/212261?lang=pt-br