

## **PROTÓTIPO DE SISTEMA ESPECIALISTA AUXILIAR DE GERENCIAMENTO DE PAVIMENTOS COM ENFOQUE NA UTILIZAÇÃO DE ASFALTO RECICLADO (RAP)**

### ***PROTOTYPE EXPERT SYSTEM TO SUPPORT PAVEMENT MANAGEMENT WITH A FOCUS ON THE USE OF RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP)***

Jaqueline Arice Gaudencio da Silva <sup>1</sup>  
Teófilo Miguel de Souza <sup>2</sup>  
Gabriel Orquizas Mattiello Pedroso <sup>3</sup>  
Isabel Cristina de Barros Trannin <sup>4</sup>

**Resumo** – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista auxiliar de gerenciamento de pavimentos com enfoque na utilização de asfalto reciclado (Reclaimed Asphalt Pavement – RAP). O sistema foi implementado com a ferramenta CLIPS, utilizando dados provenientes de levantamento visual de pavimentos flexíveis como entrada para classificação da condição da superfície e recomendação de intervenções técnicas, priorizando soluções que incorporem RAP. A base de conhecimento foi construída a partir de literatura técnica, normas aplicáveis e validação com especialistas. Os resultados demonstraram que o protótipo é capaz de padronizar decisões, reduzir a subjetividade na escolha de intervenções e soluções para problemas recorrentes em pavimentos. Embora limitado pelo escopo simplificado, o sistema mostrou potencial para evoluir em direção a uma ferramenta robusta de apoio à gestão de pavimentos, contribuindo para disseminação do uso do RAP e seu direcionamento para aplicações de maior valor agregado em âmbito nacional.

**Palavras-chave:** Pavimento Asfáltico Reciclado (RAP). Gerência de Pavimentos. Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC).

**Abstract** - This study presents the development of a prototype expert system to support pavement management, focusing on the use of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). The system was implemented using CLIPS tool, with data from visual surveys of flexible pavements as input for classifying surface conditions and recommending technical interventions, prioritizing solutions that incorporate RAP. The knowledge base was built from technical literature,

<sup>1</sup> Doutoranda na Faculdade de Engenharia e Ciências – UNESP - Câmpus de Guaratinguetá – SP – Brasil.  
Contato: jaqueline.arice@unesp.br.

<sup>2</sup> Docente na Faculdade de Engenharia e Ciências – UNESP - Câmpus de Guaratinguetá – SP – Brasil.  
Contato: teofilo.souza@unesp.br;

<sup>3</sup> Docente na Faculdade de Engenharia e Ciências – UNESP - Câmpus de Guaratinguetá – SP – Brasil.  
Contato: gabriel.pedroso@unesp.br;

<sup>4</sup> Docente na Faculdade de Engenharia e Ciências – UNESP - Câmpus de Guaratinguetá – SP – Brasil.  
Contato: isabel.c.trannin@unesp.br.

*applicable standards, and validation by specialists. The results showed that the prototype is capable of standardizing decisions, reducing subjectivity in the choice of interventions and solutions for recurring pavement problems. Although limited by its simplified scope, the system demonstrated potential to evolve into a robust tool for supporting pavement management, contributing to the dissemination of RAP use and its direction toward higher-value applications nationwide.*

**Keywords:** *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Pavement Management. Knowledge-Based Systems (KBS)*

## I. INTRODUÇÃO

O pavimento consiste em um conjunto de camadas sobrepostas, assentadas sobre a superfície final de terraplenagem, projetadas para suportar as variações climáticas e as cargas provenientes do tráfego. Nos pavimentos asfálticos, a camada superior é formada por uma mistura de agregados, filer e ligante asfáltico e essa estrutura, de modo geral, é composta por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al.*, 2022).

De acordo com o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes do Brasil (DNIT, 2006), o pavimento tem como principal função oferecer uma superfície de rolamento regular e estável, que possibilite a circulação de veículos de forma confortável, segura e econômica. Além disso, a Constituição Federal de 1988, em seu artigo 5º, inciso XV, garante a todos os cidadãos o direito fundamental de ir e vir, assegurando a liberdade de locomoção tanto em áreas urbanas quanto em todo o território nacional. Nesse sentido, garantir a qualidade da pavimentação não é apenas uma questão técnica, mas também um elemento essencial para a efetividade desse direito constitucional.

Porém, segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2023), a malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,7 milhão de quilômetros, dos quais aproximadamente 1,4 milhão (78,5%) permanece sem pavimentação. Além disso, no Índice de Competitividade Global de 2019, o Brasil ocupou a 116ª posição entre 141 países no quesito qualidade das rodovias. Essa baixa qualidade e densidade de rodovias pavimentadas coloca o país em desvantagem inclusive em relação a vizinhos com menor extensão territorial, como Uruguai, Argentina e Equador.

Com a função fundamental de apoiar os gestores na definição das estratégias mais eficientes para preservar a trafegabilidade, o conforto e a segurança do usuário, o sistema de gerência de pavimentos (SGP) abrange um conjunto de atividades voltadas ao planejamento, projeto, construção, manutenção, avaliação de pavimentos em uma determinada infraestrutura viária (LIMA *et al.*, 2024).

O Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (DNIT, 2011) e o *Pavement Management Guide* da AASHTO (AASHTO, 2012) constituem referências fundamentais para a estruturação da gerência de pavimentos. Estes apresentam conceitos e critérios básicos do SGP e ressaltam a importância de alinhar as ações de manutenção e reabilitação às diretrizes institucionais e ao planejamento de transportes, visando garantir condições adequadas aos usuários, prolongar a vida útil da malha viária e otimizar recursos.

Entre as práticas voltadas a soluções mais sustentáveis e econômicas, a reciclagem do revestimento asfáltico destaca-se por reduzir o descarte de resíduos sólidos e o consumo de materiais virgens. Conhecido como *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), o material asfáltico obtido pela fresagem de pavimentos pode ser reaproveitado de diversas formas, geralmente como agregado em camadas de base, sub-base ou na regularização de terrenos (MANTALOVAS e DI MINO, 2019).

Segundo Lopes *et al.* (2024), a maior parte do RAP gerado no Brasil é estocada ou doada, sem planejamento definido para reaproveitamento. Apenas cerca de 0,7% do volume registrado é reciclado em misturas a quente ou morna, principal destino adotado em países como os da Europa, Japão e Estados Unidos. Uma gestão mais eficiente e melhor disseminação das técnicas de reciclagem em âmbito nacional, poderia direcionar o material para aplicações de maior valor, como a reciclagem a quente, morna ou a frio, potencializando os benefícios ambientais e econômicos no país.

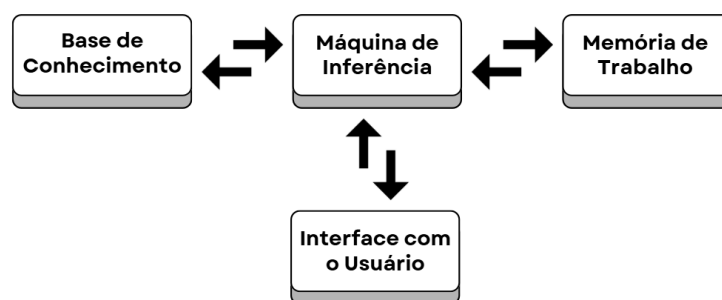
Nesse contexto, a implementação de um sistema especialista auxiliar de gerenciamento de pavimentos, com foco na utilização de RAP, teria grande relevância. Tal sistema seria projetado para identificar e sugerir soluções que incorporem RAP no tratamento de problemas recorrentes em pavimentos flexíveis, simulando o conhecimento de especialistas na área. Este sistema permitiria aos gestores de malhas viárias uma avaliação mais objetiva e funcional, apoiando a tomada de decisões para manutenção e reabilitação com alternativas mais sustentáveis. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de sistema especialista baseado em dados de avaliação do pavimento flexível obtidos por levantamento visual (dados de entrada), para recomendação de intervenções priorizando soluções disponíveis com uso de RAP (dados de saída).

## II. METODOLOGIA

Os Sistemas Especialistas (SE), ou Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC), são programas computacionais que utilizam a manipulação de conhecimento e informação de forma inteligente para resolver problemas que requerem uma quantidade considerável de conhecimento humano e de especialização. Seu objetivo é simular o comportamento de um especialista humano, buscando encontrar uma solução para determinado problema de acordo com seus conhecimentos prévios (BARRETO, 2001).

Fundamentalmente, a estrutura de um sistema especialista é formada por quatro elementos distintos que são ilustrados na Figura 1 e elencados a seguir:

Figura 1 - Estrutura de um Sistema Baseado em Conhecimento.



Fonte: Autoria própria.

1. Base de conhecimento: funciona como a memória de longo prazo, reunindo o conhecimento relevante para resolver problemas, geralmente representado por regras e objetos obtidos a partir da experiência de especialistas.
2. Memória de trabalho: atua como a memória de curto prazo, armazenando temporariamente dados e fatos da sessão atual para ativar as regras da base de conhecimento.
3. Máquina de inferência: é o núcleo de raciocínio do sistema, decidindo quais regras ativas devem ser executadas, em que ordem, e atualizando a memória de trabalho;

para isso, utiliza uma agenda que prioriza as regras de acordo com critérios definidos.

4. Interface com o usuário: viabiliza a interação, coletando informações, apresentando resultados e fornecendo explicações.

A implementação do trabalho envolveu o mapeamento do conhecimento coletado nas etapas anteriores e sua conversão para uma estrutura lógica, em linguagem de programação. Considerando tratar-se de um protótipo, a modelagem do conhecimento foi conduzida de forma simplificada, priorizando a seleção e organização dos conceitos essenciais para a representação lógica no sistema especialista, sem a necessidade de esgotar todas as variáveis e cenários possíveis.

O processo iniciou-se com a identificação das fontes de conhecimento, englobando manuais técnicos, regulamentações e literatura científica. Em seguida, foi realizada a extração e categorização das informações relevantes, agrupando-as por tipo de defeito, classificação do pavimento e intervenções e soluções recomendadas. Essas informações passaram por validação com especialistas, que ajustaram e confirmaram a aplicabilidade dos dados ao contexto do gerenciamento de pavimentos e uso do RAP. Por fim, o conteúdo validado foi convertido em regras e fatos compatíveis com a linguagem de programação adotada no desenvolvimento do sistema, garantindo que a base de conhecimento fosse funcional e coerente com os objetivos do protótipo.

A ferramenta utilizada para o desenvolvimento do protótipo deste trabalho foi o CLIPS (*C Language Integrated Production System*) versão 6.4.1, um software de domínio público voltado à construção de sistemas especialistas (SE), com linguagem própria para essa finalidade. Desenvolvido pela NASA a partir de 1985, o CLIPS é escrito em C, incorpora recursos completos de programação orientada a objetos e utiliza encadeamento direto, processando as informações antes de gerar os resultados (GIARRATANO, 2013). Contudo, sua principal limitação é a interface pouco interativa, motivo pelo qual costuma ser integrado a outras linguagens orientadas a objetos para aprimorar a interação com o usuário, integração que, no presente trabalho, não foi implementada.

### III. RESULTADOS

As subseções a seguir apresentam os principais resultados obtidos, descrevendo a estrutura geral do protótipo, a organização do código-fonte, a matriz de classificação adotada e um exemplo de execução que demonstra o funcionamento do sistema.

#### 3.1 – Estrutura Geral do Protótipo

A estrutura geral de operação do protótipo está apresentada na Figura 2.

O protótipo inicia com a apresentação do sistema ao usuário, destacando orientações para a realização do levantamento visual, como a necessidade de avaliar individualmente cada subtrecho homogêneo (até 1 km) e evitar medições em condições adversas, como chuva, neblina intensa ou baixa luminosidade.

Em seguida, solicita-se o preenchimento dos fatos de entrada referentes à classe defeito, contemplando os atributos:

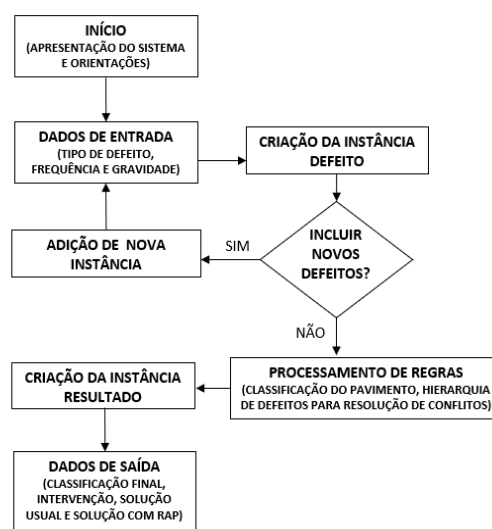
- Tipo de defeito: Trincas (TR), Panelas ou Remendos (PR) e Deformações (D);
- Frequência: para PR, definida pelo número de ocorrências por quilômetro (alta  $\geq 5$ , média entre 2 e 5, baixa  $\leq 2$ ); para TR e D, definida pelo percentual de área afetada por quilômetro (alta  $\geq 50\%$ , média entre 10% e 50%, baixa  $\leq 10\%$ );

- Gravidade: classificada como alta (estágio avançado), média (áreas delimitadas), ou baixa (pequenas áreas).

Após o registro de cada defeito, o sistema cria sua instância e questiona se há novos defeitos a incluir. Caso afirmativo, o ciclo se repete para adição de nova instância; caso contrário, encerra-se a etapa de entrada de dados.

Na sequência, o sistema processa as regras de classificação do pavimento (atribuindo conceitos: ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo) aplicando hierarquia dos defeitos para resolução de conflitos e gerando o objeto final da classe resultado.

Figura 2 – Estrutura geral de operação do protótipo.



Fonte: Autoria própria.

Por fim, apresenta-se a saída final, que inclui a classificação geral do pavimento, a intervenção técnica recomendada, a solução usual aplicada e a solução sugerida com uso de RAP.

### 3.2 – Código-Fonte do Protótipo

A construção do código-fonte do protótipo foi estruturada em etapas sequenciais, organizadas de acordo com as funcionalidades necessárias para sua execução. O desenvolvimento foi realizado no CLIPS IDE, escolhido pela capacidade de representar conhecimento por meio de regras, objetos e classes, permitindo simular o raciocínio de especialistas da área e possibilitando a inserção manual de valores antes mesmo da criação das funções completas.

As funcionalidades foram agrupadas em três componentes principais que são ilustrados na Figura 3 e explicados a seguir:

- Rotina de inicialização: responsável por apresentar o sistema ao usuário e orientar a entrada de dados obtidos por levantamento visual;
- Definição das classes: modelagem dos objetos de entrada (representado pela classe defeito) e dos objetos de saída (representado pela classe resultado);
- Regras de classificação e exibição de resultado final: processamento dos dados de entrada para gerar uma classificação do pavimento e, em seguida, a exibição de intervenções e soluções recomendadas.

Figura 3 – Trechos do código-fonte do protótipo, destacando os três componentes.

```
;; Inserção dos Dados de Entrada
(defrule iniciar-diagnostico
  =>
  ;; Introdução e Apresentação
  (printout t " - " crlf)
  (printout t "Bem-vindo ao Protótipo de Sistema Especialista Auxiliar de Gerenciamento de Pavimentos" crlf)
  (printout t "Este sistema avalia a superfície de pavimentos flexíveis e recomenda intervenções." crlf)
  ...
  ;; Loop para entrada de múltiplos defeitos
  (bind ?continuar TRUE)
  (while ?continuar
    (printout t "Digite o código do TIPO DO DEFEITO: (TR) Trincas ; (PR) Painéis ou Remendos; (D) Deformações" crlf)
    (bind ?tipo-defeito (read))
    ...
    ;; Criar instância do defeito
    (bind ?defeito (make-instance (gensym*) of defeito
      (tipo ?tipo-defeito)
      (frequencia ?frequencia)
      (gravidade ?gravidade)))
    (printout t "Defeito registrado: Tipo = " ?tipo-defeito ", Frequência = " ?frequencia ", Gravidade = " ?gravidade crlf)
    ;; Perguntar se deseja continuar
    (printout t "Deseja incluir novos defeitos? (1 - sim / 0 - nao): " crlf)
    (bind ?resposta (read))
    (if (eq ?resposta 0) then (bind ?continuar FALSE))
  )
  ;; Mensagem final
  (printout t "Processo de registro de defeitos concluído." crlf)
  (printout t " - " crlf)
)

;; Definição das classes
;; Definição dos fatos de entrada: Defeitos e características
(defclass defeito
  (is-a USER)
  (slot tipo (type SYMBOL) (allowed-values TR PR D))
  (slot frequencia (type INTEGER) (allowed-values 0 1 2 3))
  (slot gravidade (type INTEGER) (allowed-values 0 1 2 3))
)
;; Definição do Resultado, intervenção e soluções
(defclass resultado
  (is-a USER)
  (slot classificacao (type STRING)) ;; Classificação final do pavimento
  (slot intervencao (type STRING)) ;; Intervenção recomendada
  (slot solucao-usual (type STRING)) ;; Solução usual recomendada
  (slot solucao-rap (type STRING)) ;; Solução com RAP recomendada
)

;; Regras para criar fatos de classificação para cada defeito
;; Péssimo
(defrule criar-fato-pessimo
  (object (is-a defeito) (frequencia 3) (gravidade 3))
  =>
  (assert (classificacao pessimo))
  ...
  ;; Ótimo
  (defrule criar-fato-otimo
    (object (is-a defeito) (frequencia 0) (gravidade 0))
    =>
    (assert (classificacao otimo))
    (make-instance resultado-final of resultado
      (classificacao "Ótimo")
      (intervencao "Cuidados e conservação rotineira.")
      (solucao-usual "Monitoramento e limpeza do pavimento.")
      (solucao-rap "Não é necessária intervenção com RAP."))
  )
  ...
  (defrule exibir-resultado-final
    (declare (salience -100)) ;; Prioridade mais baixa
    (object (is-a resultado)
      (classificacao ?classificacao)
      (intervencao ?intervencao)
      (solucao-usual ?solucao-usual)
      (solucao-rap ?solucao-rap))
    =>
    (printout t "===== " crlf)
    (printout t "Classificação Final: " ?classificacao crlf)
    (printout t "Intervenção recomendada: " ?intervencao crlf)
    (printout t "Solução usual: " ?solucao-usual crlf)
    (printout t "Solução com RAP: " ?solucao-rap crlf)
    (printout t "===== " crlf)
  )
)
```

Fonte: Autoria própria.

### 3.3 – Matriz de Classificação do Pavimento

Tabela 1 apresenta a matriz de classificação para relacionar as condições do pavimento às intervenções e soluções correspondentes. A estrutura elaborada foi feita a partir da análise de manuais técnicos, regulamentações e literatura científica especializada, tendo como principal referência a NORMA DNIT 008/2003 – PRO de Levantamento Visual Contínuo (LVC), que estabelece os procedimentos para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos. Essa matriz serviu como base para a modelagem das regras do sistema especialista.

Para cada nível de classificação, variando de Ótimo a Péssimo, são indicadas a intervenção técnica recomendada, a solução usualmente aplicada e a alternativa priorizando o uso de RAP. Essa abordagem permite que o sistema não apenas classifique o pavimento, mas também sugira ações que conciliem desempenho técnico e seu direcionamento para aplicações de maior valor agregado do material fresado.

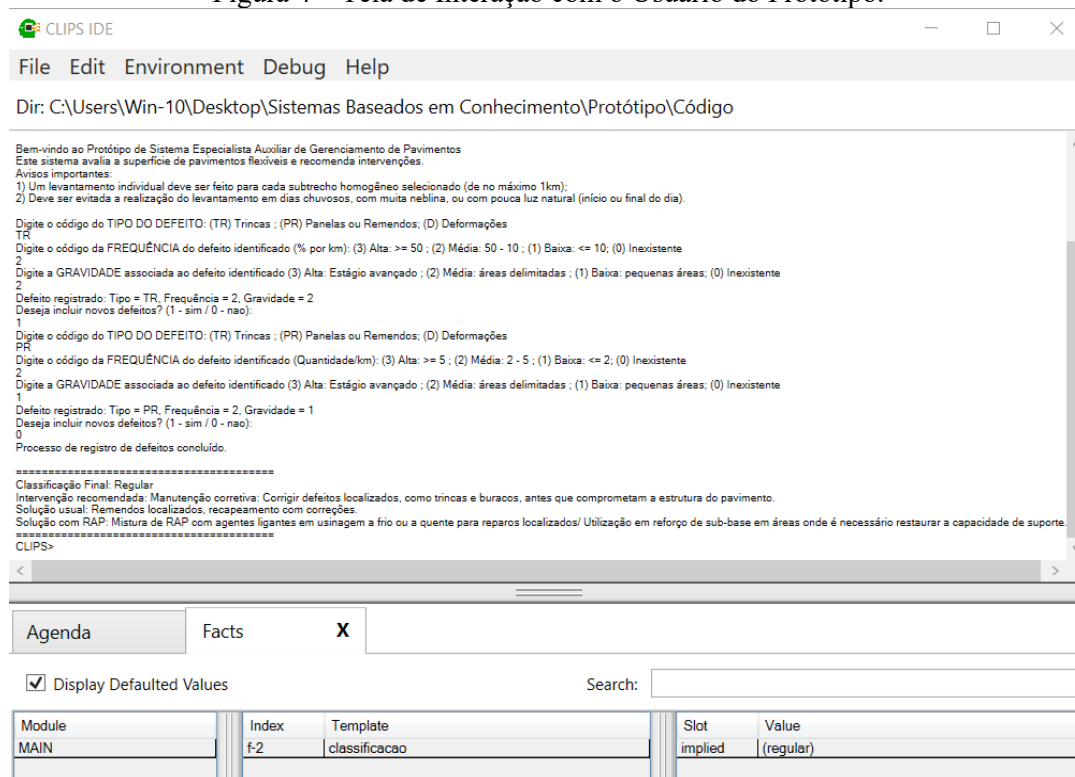
Tabela 1 – Matriz de classificação do pavimento, intervenções e soluções recomendadas.

<b>Classificação</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Solução Usual</b>	<b>Solução com Rap</b>
Ótimo	Cuidados e conservação rotineira	Monitoramento e limpeza do pavimento.	Não é necessária intervenção com RAP.
Bom	Manutenção preventiva	Aplicação de lama asfáltica, selagem de trincas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação em camadas de reforço superficial para corrigir desgastes e evitar infiltrações.</li> <li>- Substituição de agregados virgens por RAP em camadas delgadas de recapeamento.</li> </ul>
Regular	Manutenção corretiva	Remendos localizados, recapeamento com correções.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mistura de RAP com agentes ligantes em usinagem a frio ou a quente para reparos localizados.</li> <li>- Utilização em reforço de sub-base em áreas onde é necessário restaurar a capacidade de suporte.</li> </ul>
Ruim	Restauração com reforço estrutural	Correção de base e recapeamento completo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reciclagem a quente: Mistura de RAP com agregados virgens e ligante novo em usinas para produzir concreto asfáltico de alto desempenho.</li> <li>- Reciclagem a frio: Reaproveitamento do RAP estabilizado com emulsões asfálticas, cimento ou espumas de asfalto.</li> <li>- Uso em camadas de base e sub-base para reforço estrutural.</li> </ul>
Péssimo	Reconstrução total	Remoção das camadas e execução de novo pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaproveitamento integral em novas misturas asfálticas.</li> <li>- Uso em conjunto com agregados reciclados e estabilizadores para formar novas bases ou revestimentos.</li> </ul>

### 3.4 – Exemplo de Execução do Protótipo

Foram realizados testes simulando diferentes condições de pavimento para avaliar o desempenho do protótipo. Em um dos cenários, ilustrado na Figura 4, foram inseridos os defeitos “Trinca (TR)” com frequência e gravidade médias e “Panela ou Remendos” com frequência média e gravidade baixa. O sistema classificou o pavimento como “regular” e recomendou manutenção corretiva, sugerindo como solução usual remendos localizados ou recapeamento com correções e, como alternativa com RAP, a aplicação de misturas com agentes ligantes, a frio ou a quente, para reparos localizados ou reforço de sub-base em áreas que demandem restauração da capacidade de suporte.

Figura 4 – Tela de Interação com o Usuário do Protótipo.



Fonte: Software CLIPS IDE.

Os resultados evidenciaram que o protótipo é capaz de classificar o pavimento de forma coerente com a lógica técnica. Apesar do bom desempenho, o protótipo apresenta limitações inerentes à sua natureza experimental, como a base de conhecimento restrita a um conjunto reduzido de defeitos e cenários, a interface textual simples, que pode ser aprimorada com integração a outras linguagens, e a ausência de conexão com bancos de dados reais para automatizar a entrada de informações. Ainda assim, os testes indicam o potencial do sistema como ferramenta de apoio à gestão de pavimentos, especialmente por seu papel no fomento ao reaproveitamento do RAP e na promoção de soluções técnicas.

#### IV. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do protótipo de sistema especialista auxiliar de gerenciamento de pavimentos com enfoque na utilização de asfalto reciclado (RAP) demonstrou a viabilidade de aplicar técnicas de SBC baseadas em regras para apoiar a tomada de decisão no setor de pavimentação. Utilizando dados obtidos por levantamento visual, o sistema foi capaz de classificar as condições do pavimento e recomendar intervenções técnicas priorizando soluções com incorporação de RAP.

Os testes simulados evidenciaram que o protótipo consegue padronizar recomendações, reduzir a subjetividade nas decisões e incentivar o reaproveitamento de material fresado. Apesar disso, a base de conhecimento ainda se encontra restrita e a



interface textual limita a interação com o usuário, aspectos que podem ser aprimorados em versões futuras.

Perspectivas de evolução incluem a ampliação das variáveis e cenários contemplados, com a integração com bancos de dados reais, a implementação de uma interface gráfica mais interativa e a validação do sistema com especialistas e casos reais de campo. Tais avanços podem transformar o protótipo em uma ferramenta robusta e efetiva de apoio à gestão de pavimentos, favorecendo a disseminação do uso do RAP e seu direcionamento para aplicações de maior valor agregado em âmbito nacional, potencializando seus benefícios ambientais e econômicos.

## V. REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO. **Pavement management guide**. 2. ed. Washington, DC: AASHTO, 2012. 220 p.

BARRETO, Jorge Muniz. **Inteligência artificial no limiar do século XXI: abordagem híbrida, simbólica, conexcionista e evolutiva**. 2. ed. rev. e aum. Florianópolis: J. M. Barreto, 2000. 324 p. ISBN 8590038246.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 2ª ed. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2022. 750p. ISBN 978-85-69658-02-3.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2023**. Brasília, CNT: SEST SENAT: ITL, 2023. 204p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 719. **Manual de pavimentação**. 3.ed. Rio de Janeiro. DNIT/IPR, 2006, 274p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 745. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2011. 189 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Norma DNIT 008/2003 – PRO: Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2003. 11p.

GIARRATANO, Joseph C. **CLIPS basic programming guide**. Version 6.30. Houston: NASA Johnson Space Center, 2013. Disponível em: <https://www.clipsrules.net/>. Acesso em: 02 fev. 2025.

LIMA, Mateus Aguiar; OLIVEIRA, Karina Soares da Costa e; PEREIRA, Vinicius Quintiliano; MORAES, Leonardo Fabri de; ANHAIA, Cintia Adriana Azevedo de Liz; RODRIGUES, Régis Martins; MELLO, Luiz Guilherme Rodrigues de. Remodelagem e atualização do sistema de gerência de pavimentos do DNIT (SGP-DNIT). In: **26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR)**, 2024, p. 1141- 1152. DOI: <https://doi.org/10.29327/1430212.49-100>.

LOPES, Ana Flavia Davanzo; SAVASINI, Kamilla Vasconcelos; ALMEIDA, Mario Sergio de Souza; BERNUCCI, Liedi Legi Bariani. Geração e utilização do RAP no Brasil.

**Revista ENINFRA**, Brasília, v. 3, n. 3, p. 201-217, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.70859/2764-9539.v3.n3.126>.

MANTALOVAS, Konstantinos; DI MINO, Gaetano. The sustainability of reclaimed asphalt as a resource for road pavement management through a circular economic model. **Sustainability**, v. 11, n. 8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11082234>

## VI. AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo nº 2024/10600-0, e pelo Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP), por meio do PRH-ANP/FAPESP 34.1 na FEG/UNESP – Brasil. Os autores também agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Código de Financiamento 001, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.