

REVISTA TÉCNICA DE **ENGENHARIA** **DOS CAMPOS GERAIS**

CONSTRUINDO O FUTURO

A SINERGIA ESSENCIAL
ENTRE ENGENHARIA E
TECNOLOGIA DA
INFORMAÇÃO

CONECTANDO O MUNDO DIGITAL AO CANTEIRO



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná



AEAPG
ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA

EDIÇÃO VI
JULHO 2026
DISTRIBUIÇÃO GRATUITA



PÉS NA TERRA, OLHOS NO

Você pode não ver, mas o trabalho do CREA-PR está na raiz do sucesso do agronegócio. Com inovação, busca incansável pela sustentabilidade e valorização dos profissionais, o CREA-PR incentiva as melhores práticas para você colher uma vida melhor, no campo e na cidade. Hoje e amanhã.



FUTURO

**E O CREA-PR
SEMPRE AO
SEU LADO.**



CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

EDITORIAL

A engenharia, a agronomia e as geociências desempenham um papel fundamental no desenvolvimento econômico, social e ambiental do Brasil. Em um cenário marcado por rápidas transformações tecnológicas, desafios de infraestrutura e demandas crescentes por sustentabilidade, cabe aos profissionais das áreas tecnológicas liderar soluções que promovam progresso com responsabilidade e visão de futuro.

Os temas abordados nesta edição refletem a amplitude e a relevância desse trabalho. Da aplicação de novas tecnologias nos canteiros de obras à integração entre engenharia e tecnologia da informação, observamos uma verdadeira revolução na forma de planejar, executar e gerenciar projetos. A digitalização dos processos, a conectividade e o uso inteligente dos dados estão redefinindo a produtividade e a eficiência em todos os segmentos da engenharia. Ao mesmo tempo, avanços construtivos como a utilização de armaduras industrializadas e o emprego de concreto compactado com rolo associado a agregados reciclados demonstram que inovação e sustentabilidade podem caminhar juntas, contribuindo para obras mais eficientes, econômicas e ambientalmente responsáveis.

Também merece destaque a crescente importância da gestão contratual e da engenharia legal em empreendimentos de infraestrutura. Ferramentas como os dispute boards representam uma evolução na administração de contratos complexos, fortalecendo a segurança jurídica, a previsibilidade e a boa governança dos projetos.

Outro tema que merece nossa atenção é a acessibilidade. O Seminário de Acessibilidade realizado em Ponta Grossa reforçou a importância de construirmos cidades inclusivas, planejadas para atender às necessidades de todas as pessoas. Mais do que uma exigência normativa, a acessibilidade é um compromisso com a cidadania e com a construção de espaços verdadeiramente democráticos. No setor agropecuário, os sistemas integrados de produção demonstram como a engenharia e a inovação tecnológica contribuem para aumentar a produtividade, otimizar recursos e promover a sustentabilidade no campo, fortalecendo um dos pilares da economia paranaense.

Neste momento, também vivemos importantes processos de participação e fortalecimento institucional. O Crea-PR deu início às eleições para inspetores que atuarão no mandato 2027-2029, profissionais que desempenham papel essencial na aproximação entre o Conselho e os profissionais em todas as regiões do Estado. Da mesma forma, nos preparamos para as Eleições Gerais do Sistema Confea/Crea e Mútua em 2026, oportunidade em que os profissionais definirão os rumos das entidades que representam e fiscalizam o exercício profissional em todo o país.

Paralelamente, seguimos atuando na defesa das profissões e da valorização profissional. O apoio do Crea-PR à ideia legislativa que busca fortalecer o cumprimento do piso salarial da engenharia no serviço público reafirma nosso compromisso permanente com o reconhecimento da importância dos profissionais que contribuem diariamente para o desenvolvimento da sociedade.

Acreditamos que o futuro será construído pela união entre conhecimento técnico, inovação, ética e participação. E é justamente esse espírito que move os profissionais das áreas tecnológicas: a capacidade de transformar desafios em oportunidades e projetos em benefícios concretos para a população.

Que esta edição da revista da AEAPG inspire reflexões, compartilhe conhecimento e fortaleça ainda mais o protagonismo da engenharia no desenvolvimento sustentável de nossas cidades, do Paraná e do Brasil.

Boa leitura!

Engenheiro Amb. Helder Nocko
Presidente em exercício do
Crea-PR



Um ciclo de realizações, fortalecimento e transformação

Chegamos ao encerramento de um importante ciclo na história da Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa (AEAPG). Após duas gestões consecutivas — 2022-2024 e 2024-2026 — é tempo de olhar para trás com orgulho pelas conquistas alcançadas e para frente com confiança no futuro da nossa entidade.

Foram quatro anos de intenso trabalho, dedicação e compromisso com os profissionais da engenharia e áreas tecnológicas. Nesse período, a AEAPG consolidou seu papel como uma entidade atuante, moderna e conectada às necessidades de seus associados e da sociedade.

Realizamos palestras, cursos, eventos técnicos, ações de capacitação e encontros de integração que fortaleceram o ambiente profissional e ampliaram as oportunidades de desenvolvimento para nossos associados. Também promovemos iniciativas voltadas à inovação e ao aprimoramento da atuação das nossas categorias, sempre buscando acompanhar as transformações do mercado e as demandas da comunidade.

Um dos resultados mais significativos desse trabalho foi o fortalecimento do quadro associativo, com a aproximação de novos profissionais e uma participação cada vez mais ativa dos associados na vida da entidade. Esse engajamento demonstra que a AEAPG segue relevante, representativa e preparada para os desafios do futuro.

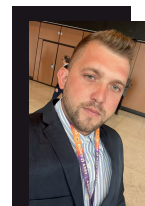
Entre as conquistas que merecem destaque está o retorno da Revista da AEAPG, um importante canal de comunicação e valorização da produção técnica, institucional e profissional da nossa região. Nesta edição, chegamos à sexta publicação consecutiva desde sua retomada, consolidando um projeto que resgata a memória da entidade, compartilha conhecimento e fortalece o vínculo com nossos associados e parceiros.

Nenhuma dessas realizações teria sido possível sem o empenho da diretoria, dos conselhos, colaboradores, parceiros institucionais, patrocinadores e, principalmente, dos associados que acreditaram e participaram ativamente da construção dessa trajetória. A todos, meu sincero agradecimento.

Encerro esta etapa com a certeza de que a AEAPG está mais forte, mais integrada e preparada para continuar sua missão de representar, desenvolver e valorizar os profissionais que ajudam a construir o presente e o futuro da nossa cidade e da nossa região.

Foi uma honra presidir esta entidade e contribuir para mais um capítulo da sua história.

José Felipe Zemniczak
Presidente da AEAPG



EXPEDIENTE



AEAPG

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA

Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa

Rua Balduino Taques, 500, Vila Estrela 84040-000 -
Ponta Grossa/PR

(42) 3224-7744 (42) 99807-3697

E-mail: aeapg.plot@gmail.com



@aeapg_



aeapontagrossa



aeapg_

www.aeapg.org.br

*Os artigos assinados são de inteira
responsabilidade de seus subscritores.*

Fotos/Imagens Ilustrativas: Arquivo do Autor

Conselho Editorial: José Felipe Zemniczak

Coordenação: José Felipe Zemniczak, Ana Celi
Tozetto

Jornalista responsável: Zaira Sachetti

Projeto gráfico e Diagramação: Comunicare –
Inteligência em Comunicação

Impressão: Hellograf

Tiragem: 1.000 unidades

Composição da nova Diretoria da Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Ponta Grossa

Eleita no dia 19 de Junho de 2024 e Empossada no dia 20
de Julho de 2024.

Diretoria Executiva

Presidente: Eng. Civil José Felipe Zemniczak

Vice – Presidente: Eng. Civil Celso Augusto Sant’Anna.

1º Secretário: Eng. Civil Luiz Henrique Honesko de Souza.

2º Secretário: Eng. Civil Luiz Gustavo Barbur.

1º Tesoureiro: Eng. Civil Bruno Fernando Emerick de Souza

2º Tesoureiro: Eng. Civil Vicente Nadal Neto.

Comissão de Ética:

Eng. Químico Roberto Mateus de Bortoli, Eng. Civil Acylino
Luiz Chemin, Eng. Civil Donizete Chaves
da Cruz, Eng. Civil Fábio Wilson Dias,

Comissões

Diretor de Serviços: Roberto Pellissari.

Diretor de Eventos Sociais: José Felipe Zemniczak

Diretor de Eventos Culturais: Acylino Luiz Chemin e
Rodrigo Adamshuk Silva.

Diretor de Obras: Donizete Chaves da Cruz e Isaías
Ferreira de Souza.

Diretor de Relações Públicas: Sérgio Augusto Wosgrau.

Diretor de Patrimônio: Bruno Fernando Emerick de Souza

Diretor de Esportes: Luis Eduardo Chociai

Diretor de Meio Ambiente: Eng. Civil Vicente Nadal Neto.

Diretor de Segurança do Trabalho: Francisco Valderlanio
Souza Araujo, Isaías Ferreira e Rafael Soares

Diretor de Assessoria Jurídica: Francisco Valderlanio Souza
Araujo e Marília Isabel B. Ukrainski.

Diretor de Arquitetura e Urbanismo: Marco Aurélio Moro.

Diretor de Imprensa: Lucas Afonso Palhano, José Felipe
Zemniczak e Rafael Sozin Polini.

Diretor Acadêmico: Eng. Civil Acylino Luiz Chemin

Diretor Eng. Elétrica: Elias Vandoski.

Diretor Eng. Química: Roberto Mateus de Bortoli.

Secretaria Geral: Ana Celi Tozetto



Imagem: Trem para Morretes

Capa: Revista Técnica de Engenharia
dos Campos Gerais 2026

ÍNDICE

07

CREA-PR APOIA IDEIA LEGISLATIVA
sobre piso salarial da engenharia no serviço público

08

CREA-PR INICIA PROCESSO DE ELEIÇÃO
para inspetores mandato 2027-2029, prazo para registro de candidatura vai até 22/06

09

CREA-PR E AS ELEIÇÕES GERAIS
do Sistema Confea/Crea e Mútu

10

SEMINÁRIO DE ACESSIBILIDADE DEBATE INCLUSÃO
planejamento urbano e participação social em Ponta Grossa

12

ARMADURAS INDUSTRIALIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL:
vantagens técnicas, econômicas e operacionais em relação a produção em obra

16

CONCRETO COMPACTADO COM ROLO
e agregados reciclados de RCD na pavimentação urbana uma reanálise crítica e agenda de pesquisa dezoito anos depois

23

CONECTANDO O MUNDO DIGITAL AO CANTEIRO
Como a Sinergia entre BIM, AWP e IA Potencializam VDC e Lean Construction

28

CONSTRUINDO O FUTURO
A Sinergia Essencial entre Engenharia e Tecnologia da Informação

32

O ADVENTO DOS DISPUTE BOARDS
na administração contratual de infraestrutura

45

TRATADO DE ENGENHARIA LEGAL
Gestão Contratual Estratégica Da Reatividade Crítica à Proatividade Digital na Proteção do CAPEX e Maximização de Resultados

57

QUANDO A FACHADA
vira combustível

59

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA
como modalidade de mitigação ambiental e atributos do solo

62

SMART OEC
Uma Arquitetura de Orquestração Cognitiva para Análise Documental na Engenharia e Construção

67

ENGENHARIA DE VALOR EM PAVIMENTOS RÍGIDOS
O Case do Túnel Luiz Bom com concreto reforçado por macrofibras sintéticas



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

APOIA IDEIA LEGISLATIVA SOBRE PISO SALARIAL DA ENGENHARIA NO SERVIÇO PÚBLICO

O Crea-PR está apoiando e impulsionando, em seus canais oficiais, uma ideia legislativa que está em votação no site do Senado Federal e trata da aplicação do piso salarial da engenharia aos servidores públicos estatutários.

A iniciativa busca estender os efeitos da Lei nº 4.950-A/1966 aos profissionais que atuam em municípios, estados, Distrito Federal e União, incluindo autarquias e fundações. A proposta parte do entendimento de que esses profissionais exercem funções técnicas com alto nível de responsabilidade na viabilização de obras e serviços públicos, mas atualmente não contam com a garantia do piso.

Entre os pontos apresentados, estão a obrigatoriedade da aplicação da lei aos estatutários, a criação de um fundo para custeio do piso salarial, nos moldes de outras categorias, e a revogação da Resolução nº 12/1971 do Senado Federal, que hoje limita essa aplicação.

Neste momento, a proposta está em fase de mobilização e depende diretamente do engajamento dos profissionais para avançar dentro do processo legislativo. O Crea-PR está atuando para fortalecer essa pauta, ampliando o alcance da informação e incentivando a participação ativa dos profissionais.

O Conselho reforça que ações como essa precisam do apoio coletivo para avançar. A participação de cada engenheiro é fundamental para dar força à proposta e contribuir com a valorização profissional no serviço público.

Para votar acesse o link:

<https://www12.senado.leg.br/ecidadania/visualizacao/ideia?id=216743>



**CREA-PR**Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

INICIA PROCESSO DE ELEIÇÃO PARA INSPETORES MANDATO 2027-2029, PRAZO PARA REGISTRO DE CANDIDATURA VAI ATÉ 22/06



O Crea-PR realiza nos próximos meses a eleição para a escolha de inspetores para atuação no período de 1º de janeiro de 2027 a 31 de dezembro de 2029. O Edital de convocação eleitoral foi publicado nesta segunda-feira, 1º de junho, e os interessados em concorrer à função poderão realizar sua solicitação de registro de candidatura de 02 a 22 de junho, pela internet, diretamente na área restrita do profissional ou no site www.crea-pr.org.br, menu Institucional > Eleições > Eleição Inspetores 2026. Nesta página, que tem todas as informações referentes ao pleito, é possível consultar o Regulamento, onde está descrito quais profissionais estão aptos à candidatura.

Devem ser eleitos 280 inspetores, sendo um para cada modalidade das Câmaras Especializadas de Engenharia do Crea-PR, em cada uma das 35 Inspetorias. São as modalidades: Agrimensura; Agronomia; Civil; Elétrica; Florestal; Mecânica e Metalúrgica; Química, Geologia e Minas; e Segurança do Trabalho. O mandato terá duração de 36 meses.

O PAPEL DO INSPETOR

O inspetor desempenha importante papel junto ao Crea-PR. Sua atuação é focada em buscar a inserção do profissional nos diferentes contextos de trabalho, e apoia ao longo do mandato ele contribui com a valorização profissional e a defesa da sociedade, sendo sua função preponderante para o alcance dos objetivos do Conselho.

Faz parte de suas atribuições representar o presidente do Crea-PR perante autoridades locais, profissionais da região e comunidade em geral dentro da jurisdição da inspetoria;

divulgar a legislação profissional e o código de ética, incentivando a sua adoção por todos os seus pares; cumprir e fazer cumprir as disposições previstas na legislação do Confea e Crea-PR; colaborar com as Câmaras Especializadas no desenvolvimento de atividades e na elaboração do plano de fiscalização; estar em permanente contato e atuação junto ao Colégio de Inspetores; participar, quando convidado, de fiscalizações programadas, entre elas, as fiscalizações de acessibilidade e fiscalizações preventivas e integradas, além de apoiar a visibilidade e a eficácia da fiscalização; contribuir para a melhoria da percepção da Câmara Especializada acerca das características e particularidades que cercam a prática do exercício profissional na circunscrição de sua Inspetoria.

CANDIDATOS E VOTAÇÃO

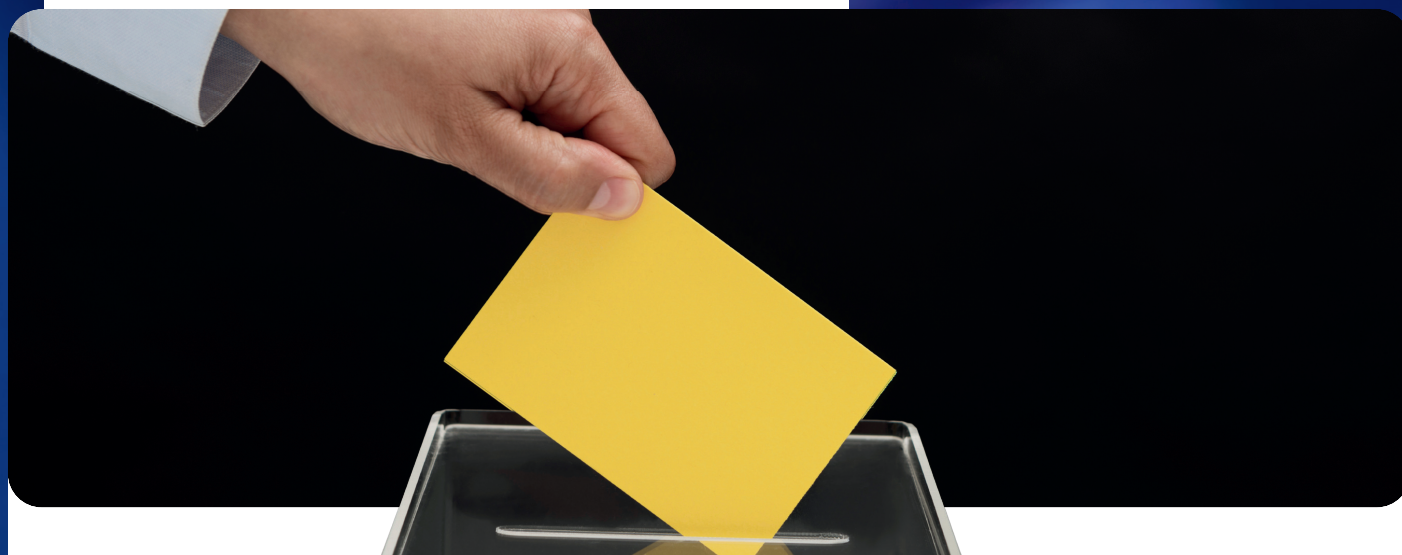
Estão aptos a concorrer à eleição para inspetor os profissionais de nível superior, sem débitos relativos à anuidade ou processos de fiscalização. O candidato também não pode ter cometido infração ao código de ética nos últimos cinco anos, ser funcionário remunerado do Sistema Confea/Crea ou acumular mais de dois mandatos consecutivos.

Todo o processo eleitoral ocorre via internet. O período de registro de candidaturas vai até 22 de junho. Os profissionais terão acesso à votação através do acesso restrito. O período de votação irá se estender por 15 dias, de 21 de julho a 04 de agosto. A lista com os nomes dos eleitos será divulgada no dia 10 de agosto.



CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná



Em 2026 acontecem as eleições gerais do Sistema Confea/Crea e Mútua, visando à escolha de representantes para os seguintes cargos estratégicos no Conselho Federal, nos Conselhos Regionais e na Caixa de Assistência Mútua:

- Presidente do Confea;
- Presidentes dos 27 Creas;
- Conselheiros federais representantes das modalidades profissionais, nos estados de Mato Grosso (Agronomia), Mato Grosso do Sul (Industrial), Piauí (Elétrica), Roraima (Agronomia), Santa Catarina (Civil);
- Conselheiros federais titular e suplente representantes de Instituições e Ensino Superior (IES), modalidade engenharia;
- Diretores-gerais, administrativos e financeiros das Mútuas Regionais.

Os eleitos cumprirão mandato de 1º de janeiro de 2027 a 31 de dezembro de 2029.

Data das eleições: 03/07/2026 (sexta-feira)

Quem, onde e como:

- Quem pode votar: Apenas profissionais em dia com suas obrigações financeiras poderão votar ou se candidatar. É considerado em dia com suas obrigações o profissional que não tiver débitos vencidos e exigíveis relacionados a anuidades, taxas, emolumentos ou multas, inclusive parcelas de débitos parcelados que estejam em atraso, no prazo de 30 dias antes da eleição (03/06/2026).
- Onde votar (em qual Crea): O profissional poderá participar do pleito no Crea onde quitou sua anuidade do exercício 2026, independentemente do local onde possua registro ou visto.
- Como votar: As eleições serão realizadas online em sistema informatizado específico para o pleito. É fundamental que os dados cadastrais estejam atualizados para recebimento das informações de acesso ao sistema de votação. O profissional apto a votar receberá com antecedência essas informações em seus dados de contato (e-mail e/ou telefone).
- O voto é opcional.

**CREA-PR**Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

SEMINÁRIO DE ACESSIBILIDADE DEBATE INCLUSÃO, PLANEJAMENTO URBANO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM PONTA GROSSA



O Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná (Crea-PR), por meio de sua Comissão de Acessibilidade, realizou na noite desta terça-feira (09/06), em Ponta Grossa, mais uma edição do Seminário de Acessibilidade. O evento aconteceu no auditório da UniCesumar e reuniu profissionais das Engenharias, representantes do poder público, instituições de ensino, entidades ligadas à defesa dos direitos das pessoas com deficiência e membros da sociedade civil para debater caminhos para a construção de cidades mais inclusivas.

A abertura contou com a participação do diretor da UniCesumar, Prof. Dr. Rodrigo Jesus Paolozzi; do coordenador da Comissão de Acessibilidade do Crea-PR, Eng. Civ. Alisson Ray Ostjen; e da Diretora Administrativa do Crea-PR, Eng. Civ. Margolaine Giacchini, representando o presidente em exercício do Conselho, Eng. Amb. Helder Rafael Nocko.

Durante a solenidade de abertura, a Eng. Civ. Margolaine Giacchini destacou a relevância da temática para o exercício profissional e para a sociedade: “O Seminário de Acessibilidade reforça o compromisso do Crea-PR com a promoção de uma sociedade mais inclusiva, segura e equitativa. A abordagem deste tema é fundamental e precisa ser ampliada, pois a acessibilidade é para todos.”

A programação técnica teve início com apresentações voltadas ao planejamento urbano e às políticas públicas de acessibilidade. O presidente do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Ponta Grossa (Iplan), Eng. Civ. Rafael Gustavo Mansani, e a superintendente de Planejamento do Instituto, Arq.

Julianna Pedroso Mendes, abordaram iniciativas e desafios relacionados à construção de uma cidade mais acessível.

Na sequência, a pró-reitora de Planejamento da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Prof.^a Dra. Andrea Tedesco, e o professor e Conselheiro Elias Pereira apresentaram reflexões sobre acessibilidade nos espaços educacionais e o papel das instituições de ensino na promoção da inclusão.

Encerrando a programação, o painel “A Engenharia pela Inclusão” reuniu representantes de entidades que atuam diretamente com pessoas com deficiência no município. Mediado pelo conselheiro da Comissão de Acessibilidade e coordenador da Câmara Especializada de Engenharia Mecânica e Metalúrgica do Crea-PR, Eng. Mec. Waldemir Antunes, o debate contou com a participação de representantes da Associação de Pais e Amigos dos Deficientes Visuais de Ponta Grossa (APADEVI), da Associação Pontagrossense de Assistência à Criança com Deficiência, da Associação dos Deficientes Físicos de Ponta Grossa e do Conselho Municipal dos Direitos da Pessoa com Deficiência.

NETWORKING E OPORTUNIDADES NA PALMA DA SUA MÃO.

CREA-PR
conecta

VAGAS, CURSOS E EVENTOS.

Acesse o Conecta Crea-PR com as melhores oportunidades reunidas para você se aprimorar, encontrar profissionais e oportunidades em sua área.

Aponte
a camera
e saiba mais:



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.

ARMADURAS INDUSTRIALIZADAS

NA CONSTRUÇÃO CIVIL: VANTAGENS TÉCNICAS, ECONÔMICAS E OPERACIONAIS EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO EM OBRA



Bruno Fernando Emerick de Souza

A busca por produtividade, redução de desperdícios e aumento da qualidade tem impulsionado a adoção de processos industrializados na construção civil brasileira. Nesse cenário, a industrialização das armaduras para concreto armado surge como uma alternativa capaz de transformar significativamente a eficiência dos canteiros de obras.

A construção civil brasileira utiliza amplamente o sistema estrutural em concreto armado, tornando a qualidade das armaduras um fator decisivo para o desempenho, a segurança e a durabilidade das edificações.

Neste contexto, a industrialização dos processos de corte, dobra e montagem de armaduras surge como uma alternativa capaz de reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e elevar o padrão de qualidade das estruturas. O presente artigo apresenta uma análise comparativa entre a produção de armaduras realizada diretamente no canteiro de obras e aquela executada em ambiente industrial.

São discutidos aspectos relacionados à qualidade técnica, logística, mão de obra, segurança e incidência de patologias estruturais. Os resultados apontam que a industrialização das armaduras oferece vantagens significativas em termos de controle de qualidade, redução de perdas, otimização de recursos e maior confiabilidade na execução das estruturas de concreto armado.

O concreto armado é o sistema estrutural predominante na construção civil brasileira, resultado da combinação entre concreto e aço, materiais que atuam de forma complementar para resistir aos esforços de compressão e tração. Apesar de sua ampla utilização, ainda são recorrentes problemas relacionados à execução inadequada das armaduras, principalmente em função da deficiência de mão de obra especializada e da ausência de processos padronizados.



Com o avanço tecnológico e a busca por maior eficiência nos canteiros de obras, surgiram empresas especializadas na industrialização das armaduras, oferecendo serviços de corte, dobra e pré-montagem conforme os projetos estruturais. Essa alternativa tem despertado interesse crescente devido aos potenciais ganhos de qualidade, produtividade e redução de custos.

Este artigo tem como objetivo analisar as diferenças entre a confecção de armaduras em obra e em ambiente industrial, destacando os impactos dessas modalidades sobre a qualidade da construção, a segurança dos trabalhadores e a eficiência dos processos construtivos.

FUNDAMENTAÇÃO DO CONCRETO ARMADO E DAS ARMADURAS

O desempenho do concreto armado depende diretamente da aderência entre o concreto e as barras de aço. Enquanto o concreto apresenta elevada resistência à compressão, o aço é responsável por absorver os esforços de tração, garantindo estabilidade e segurança estrutural.

Nesse contexto, a qualidade das armaduras assume papel fundamental. Erros de corte, dobra, posicionamento ou dimensionamento podem comprometer o comportamento estrutural da edificação, ocasionando patologias, retrabalhos e aumento dos custos de manutenção.

Além disso, a crescente preocupação com a sustentabilidade na construção civil exige a redução de desperdícios de materiais. O setor é historicamente apontado como um dos maiores geradores de resíduos, tornando necessária a adoção de processos mais eficientes e controlados.



COMPARAÇÃO ENTRE ARMADURAS PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS

Tradicionalmente, as armaduras são confeccionadas nos próprios canteiros de obras, utilizando vergalhões fornecidos em barras padronizadas. Esse modelo exige áreas específicas para armazenamento, corte, dobra e montagem, além de demandar equipes especializadas e controle rigoroso da produção.

Entretanto, esse sistema apresenta limitações importantes, como perdas de material, dependência da qualificação da mão de obra e maior exposição dos trabalhadores a riscos operacionais.

A industrialização das armaduras surge como uma solução para esses desafios. Nesse modelo, as peças são produzidas em ambiente controlado, com equipamentos específicos e processos padronizados, chegando à obra prontas para instalação.

ENTRE AS PRINCIPAIS VANTAGENS OBSERVADAS DESTACAM-SE:

- ☑ Redução significativa de desperdícios de aço;
- ☑ Menor necessidade de estoque no canteiro;
- ☑ Ganho de produtividade;
- ☑ Diminuição do número de trabalhadores envolvidos na atividade;
- ☑ Maior controle dimensional e qualidade técnica;
- ☑ Redução de acidentes de trabalho;
- ☑ Melhor cumprimento dos cronogramas de execução.

Por outro lado, o sucesso do processo industrializado depende diretamente da qualidade e compatibilidade dos projetos estruturais. Como as peças são produzidas antecipadamente, eventuais alterações em obra podem gerar atrasos e custos adicionais.

QUALIDADE EXECUTIVA E REDUÇÃO DE PATOLOGIAS

Grande parte das manifestações patológicas observadas em estruturas de concreto armado está relacionada a falhas de projeto, execução inadequada ou utilização incorreta dos materiais.

Entre os problemas mais frequentes destaca-se a corrosão das armaduras, processo que reduz a seção resistente das barras e compromete a vida útil das estruturas. A ocorrência dessa patologia está frequentemente associada à insuficiência do cobrimento de concreto, posicionamento incorreto das armaduras ou falhas durante a execução.



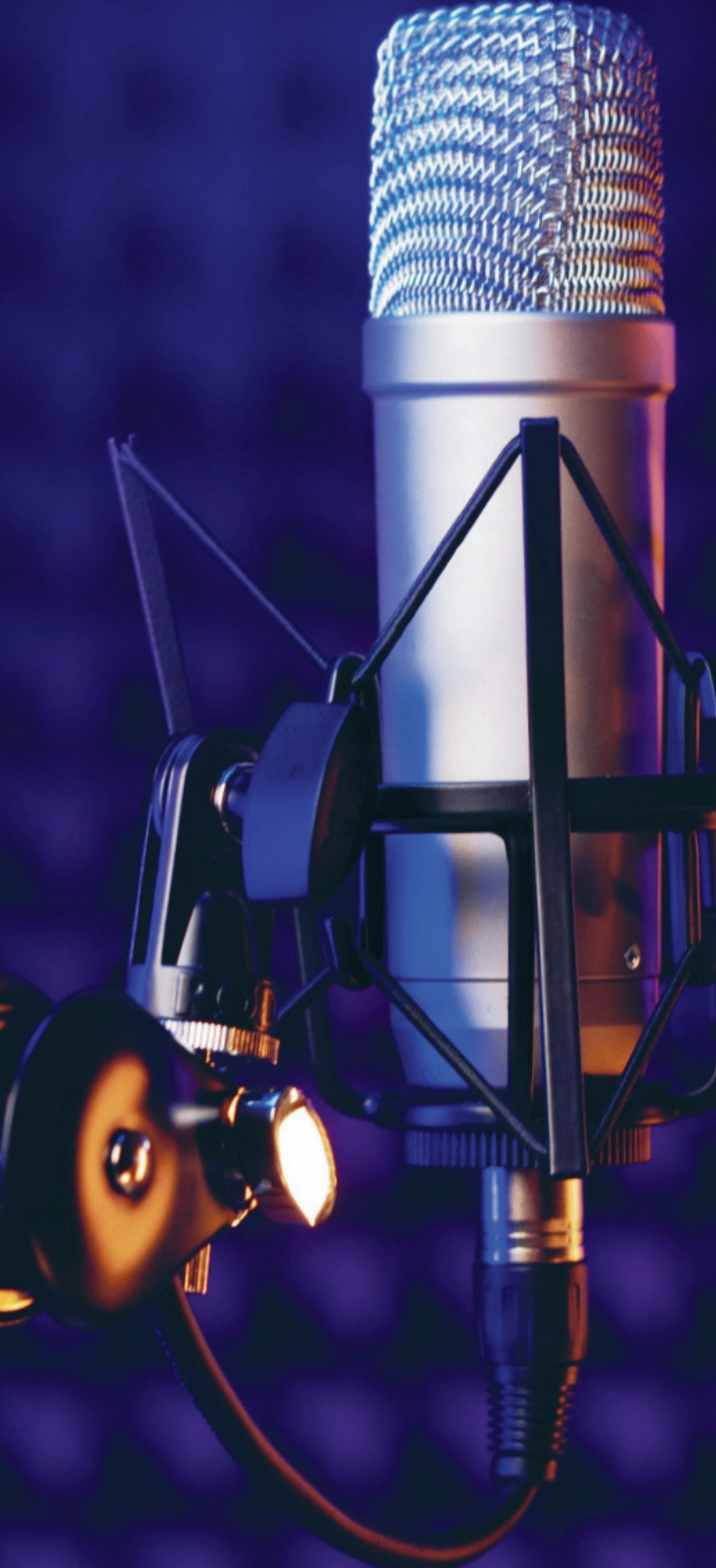
Nesse cenário, a produção industrializada contribui para minimizar erros operacionais, uma vez que utiliza processos padronizados, controle dimensional rigoroso e equipes especializadas. A precisão na fabricação favorece o correto posicionamento das armaduras e o atendimento às exigências normativas, reduzindo significativamente os riscos de patologias futuras.

Além disso, a utilização de espaçadores e o respeito às especificações dos projetos estruturais tornam-se mais facilmente controláveis quando as armaduras são produzidas dentro de um sistema industrial de qualidade.

A análise realizada demonstra que a industrialização das armaduras representa uma evolução importante para a construção civil brasileira. Quando comparada à produção convencional realizada nos canteiros de obras, a fabricação industrial apresenta vantagens expressivas em qualidade, produtividade, logística, segurança e redução de desperdícios.

Embora exija projetos estruturais mais detalhados e planejamento antecipado, os benefícios obtidos superam as limitações identificadas. A adoção crescente desse modelo contribui para a modernização do setor, favorecendo a execução de estruturas mais seguras, duráveis e economicamente eficientes.

Dessa forma, a industrialização das armaduras pode ser considerada uma tendência alinhada aos princípios de inovação, sustentabilidade e excelência técnica que vêm transformando a engenharia civil contemporânea. Diante dos aspectos analisados, verifica-se que a industrialização das armaduras não representa apenas uma alternativa operacional, mas um avanço estratégico para a construção civil contemporânea, contribuindo para obras mais seguras, produtivas, sustentáveis e tecnicamente confiáveis.



O podcast do
Crea-PR

POD
CRÊA

Conversas
que **constroem.**

Confira todos
os episódios.



Se é importante para a engenharia, a
agronomia e a geociência no Paraná, tem no
PODCRÊA.

Agenda
parlamentar

CreaJr

Cidades
inteligentes

Tecnologia

Liderança
feminina

Sustentabilidade

ACESSE
E ASSISTA.



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem **fiscaliza, cuida.**

CONCRETO COMPACTADO COM ROLO E AGREGADOS RECICLADOS DE RCD NA PAVIMENTAÇÃO URBANA UMA REANÁLISE CRÍTICA E AGENDA DE PESQUISA DEZOITO ANOS DEPOIS

Fábio Elias Gomes; André Aguilera de Oliveira;
Maria Vanessa Sobral Nonato; Thiago de Lima Tormen

A gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) permanece, quase duas décadas depois das primeiras normas brasileiras sobre o tema, um dos passivos ambientais mais persistentes das grandes metrópoles do país. Quando os autores conduziram, em 2007, o estudo que originou este artigo (OLIVEIRA et al., 2007), a Resolução CONAMA nº 307/2002 era recente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos ainda não existia e a utilização de agregados reciclados em pavimentação era percebida, no meio técnico nacional, mais como promessa do que como prática consolidada. O objetivo de então foi verificar se o agregado reciclado proveniente de RCD poderia substituir a brita natural na produção de concreto compactado com rolo (CCR) destinado a camadas de base de pavimento — uma aplicação considerada “nobre” para um material até hoje subutilizado.

Passados dezoito anos, o cenário transformou-se em três dimensões simultâneas. Primeiro, o volume do problema cresceu: estima-se que o Brasil gere da ordem de 100 milhões de toneladas de RCD por ano, reciclando apenas entre 15% e 20% desse total (ANGULO; OLIVEIRA; MACHADO, 2022). Segundo, o arcabouço normativo amadureceu, com a edição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e a revisão das normas técnicas de agregados reciclados (ABNT, 2021). Terceiro, a literatura científica acumulou evidência robusta, nacional e internacional, sobre o comportamento mecânico do CCR produzido com agregado reciclado (FARDIN; DOS SANTOS, 2020; LOPEZ-UCEDA et al., 2020).

Diante disso, este artigo não se propõe a repetir o experimento original, mas a fazer algo academicamente mais útil: retomar criticamente aquele estudo, atualizá-lo à luz do conhecimento disponível e demonstrar que a pergunta de pesquisa pertinente em 2026 é distinta da pergunta de 2007.

A relevância do tema para a sociedade paulistana é evidente e tem sido reafirmada em fóruns técnicos e profissionais recentes — entre eles os encontros nacionais das usinas de reciclagem promovidos pela ABRECON na capital paulista, em parceria com a USP e o IPT, e [evento promovido pelo Sistema CONFEA/CREA sobre resíduos da construção, a ser referenciado].

A EVOLUÇÃO DO MARCO REGULATÓRIO (2002–2025)

O ponto de partida normativo do estudo de 2007 foi a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, que estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e classificou os resíduos em quatro classes (A, B, C e D). Desde então, esse texto sofreu quatro alterações sucessivas — pelas Resoluções nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015 —, que, entre outras mudanças, reclassificaram o amianto crisotila, deslocaram o gesso para a classe dos recicláveis e compatibilizaram a semântica e os prazos da resolução com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (CONAMA, 2002; CONAMA, 2015).

A principal inovação posterior ao estudo original foi a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que consagrou a hierarquia de prioridades — não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada — e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010). Para o setor da construção, esse instrumento reforçou a lógica que a CONAMA 307 já havia introduzido, mas conferiu-lhe estatuto de lei federal.

No plano técnico, a transformação mais significativa para o objeto deste artigo ocorreu em 2021, com a revisão da ABNT NBR 15116. A versão de 2004, vigente quando o estudo original foi conduzido, admitia o agregado reciclado apenas em pavimentação e em concreto sem função estrutural. A revisão de 2021 passou a admitir o agregado reciclado de concreto (ARC) em concreto estrutural, em substituição parcial de até 20% do agregado graúdo natural — uma mudança de paradigma para o setor (ABNT, 2021). Essa abertura reflete a acumulação de duas décadas de evidências experimentais e de desempenho em obra que atestam a viabilidade técnica do material quando adequadamente caracterizado e controlado; mais que isso, sinaliza uma reorientação normativa que reconhece a economia circular não como concessão tolerável, mas como investimento estratégico na resiliência da cadeia produtiva.

Persiste, contudo, uma assimetria relevante: a norma específica de execução de camadas de pavimentação com agregados reciclados (ABNT NBR 15115) não acompanhou, no mesmo ritmo, essa atualização, mantendo-se na versão de 2004. Soma-se a isso a norma DNIT 141/2010, voltada ao emprego de agregados reciclados em pavimentação rodoviária, que oferece complementos setoriais mas não resolve as ambiguidades deixadas pela NBR 15115 defasada. Essa dissonância cria uma situação confusa para a prática: é possível usar ARC em concreto estrutural (sob critérios modernos de homogeneidade e rastreabilidade), mas as diretrizes para aplicação em camadas de pavimentação seguem premissas formuladas em contexto normativo anterior, sem incorporar avanços em tecnologia de triagem, controles de processo ou caracterização de contaminação que uma abordagem integrada exigiria. Essa defasagem normativa entre o uso estrutural e o uso em pavimentação constitui, por si só, uma lacuna digna de investigação — não meramente administrativa, mas substantiva para a governança técnica do tema. Ela revela que a consolidação regulatória avançou em direção vertical (concreto estrutural), mas não em sentido horizontal (articulação entre usos).

Para o presente artigo, essa lacuna é particularmente relevante: a retomada crítica do estudo de 2007 sobre CCR com RCD deve, necessariamente, incorporar os novos requisitos que a NBR 15116:2021 estabeleceu para qualidade de agregado, oferecendo ao mesmo tempo um ponto de diálogo entre pavimentação (onde o CCR ainda prevalece) e concreto estrutural (onde o ARC agora é admitido), e demonstrando que a pergunta de pesquisa em 2026 não é apenas é possível?, mas sob que condições de processo, controle e caracterização é operacionalmente viável em larga escala?

PANORAMA ATUAL DA GERAÇÃO E RECICLAGEM DE RCD NO BRASIL E EM SÃO PAULO

Os números atualizados confirmam que o diagnóstico apresentado pelos autores em 2007 não apenas se mantém, como se agravou em escala absoluta. Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, o país coletou aproximadamente 48 milhões de toneladas de RCD em 2021 — cerca de 227 kg por habitante ao ano, valor 2,9% superior ao do ano anterior (ABRELPE, 2022). É importante frisar que esse montante corresponde ao RCD coletado pelos serviços municipais; a geração total é substancialmente maior, estimada pela Pesquisa Setorial ABRECON em torno de 100 milhões de toneladas anuais (ANGULO; OLIVEIRA; MACHADO, 2022). Esta dupla contabilidade — coleta oficial versus geração real — é indicativa de um sistema de gestão fragmentado e subutilizado, onde menos da metade do volume gerado chega aos circuitos formais de tratamento.

O gargalo, porém, não está na geração, mas na destinação. A taxa de reciclagem nacional oscila entre 15% e 20%, e mais da metade do RCD gerado ainda é descartada de forma irregular ou clandestina (ANGULO; OLIVEIRA; MACHADO, 2022). Esse cenário revela não apenas uma deficiência logística, mas um modelo econômico onde a extração de agregados virgens permanece mais viável que a recuperação de materiais descartados. O parque produtor de agregado reciclado é frágil e pulverizado: a maioria das usinas é composta por microempresas, frequentemente carentes de equipamentos adequados de limpeza e triagem, o que resulta em agregado reciclado com teores de impureza acima do estabelecido em norma.

Para a Região Metropolitana de São Paulo, a relevância é dupla. De um lado, a cidade foi pioneira na aplicação de RCD em pavimentação — a primeira obra brasileira data de 1984, em parceria entre a Prefeitura de São Paulo e o IPT (BODI; BRITO FILHO; ALMEIDA, 1995) — e abriga obras emblemáticas de CCR, como o Rodoanel Mário Covas e diversos corredores de ônibus. Esses projetos de larga escala, implantados há décadas, acumulam dados de desempenho de longo prazo que poderiam subsidiar estudos de durabilidade e degradação, mas que permanecem pouco sistematizados na literatura técnica. De outro, a metrópole concentra a maior demanda por agregados e o maior volume de descarte irregular do país, o que a torna o laboratório natural para políticas de economia circular na construção. A pressão simultânea pela sustentabilidade urbana, pelo custo de disposição de entulho e pela crescente indisponibilidade de áreas para aterros posiciona São Paulo como cenário propício — e urgente — para a consolidação de uma indústria de reciclagem competitiva e normativamente robusta.

ESTADO DA ARTE DO CCR COM AGREGADO RECICLADO

A dissertação que orientou o estudo original (RICCI, 2007) já demonstrava, à época, que o CCR moldado com agregados reciclados podia atingir desempenho útil, especialmente com dosagens mistas de agregado reciclado e mineral e consumos de cimento mais elevados. A literatura subsequente confirmou e refinou essa conclusão. No Brasil, o trabalho de Fardin e dos Santos (2020), conduzido na Universidade do Estado de Santa Catarina e publicado no periódico *Sustainability*, investigou o CCR para bases de pavimento com agregado reciclado de concreto em substituições de 0%, 5%, 15% e 30% do agregado graúdo natural, com consumo de 200 kg/m³ de cimento.



Os autores verificaram que a classe de resistência à compressão manteve-se aproximadamente constante até a idade de 28 dias e que, mesmo em cenários de substituição elevada, a queda de resistência foi modesta — da ordem de 6% na compressão e de cerca de 10% na tração e na flexão para a mistura com 100% de agregado reciclado —, com ganho de resistência ao longo do tempo estimável pelos modelos analíticos consagrados para concretos hidráulicos convencionais (FARDIN; DOS SANTOS, 2020).

Na literatura internacional, o conjunto de evidências é convergente. Lopez-Uceda et al. (2018) avaliaram o desempenho mecânico do CCR com agregado reciclado de concreto e, em estudo posterior, demonstraram a viabilidade de seu emprego como camada de base para vias de tráfego leve (LOPEZ-UCEDA et al., 2020). Ferrebee et al. (2014) analisaram as propriedades de fratura do CCR com agregados virgens e reciclados, contribuindo para a compreensão do comportamento à fissuração.

Estudos experimentais recentes confirmaram que a substituição parcial de agregado natural por reciclado reduz a resistência e aumenta a absorção e a porosidade de forma proporcional ao teor de substituição e à qualidade do agregado, mas dentro de margens compatíveis com aplicações de base e sub-base (KHALID; ABBAS, 2023).

A síntese dessa produção permite três constatações que orientam a reanálise da seção seguinte. Primeira: o consumo de cimento e o tipo de agregado reciclado (de concreto puro versus misto, com fração cerâmica) são determinantes de primeira ordem do desempenho. Segunda: a alta absorção do agregado reciclado exige procedimentos específicos de pré-saturação ou compensação de água, sob pena de comprometer a hidratação e a trabalhabilidade. Terceira: substituições parciais (tipicamente até 30%) preservam desempenho próximo ao do CCR convencional, enquanto substituições totais são viáveis, mas exigem compensação via consumo de cimento e controle rigoroso de dosagem.

REANÁLISE CRÍTICA DO ESTUDO DE 2007

À luz do exposto, é possível reinterpretar os resultados obtidos pelos autores em 2007 com maior precisão do que era possível à época. O estudo original empregou agregado reciclado misto — com predominância de concreto e material cerâmico —, substituição total do agregado natural e consumo de cimento de apenas

110 kg/m³, obtendo 4,9 MPa de resistência à compressão axial e 1,03 MPa de resistência à tração na flexão aos 28 dias, com perda de aproximadamente 60% frente ao CCR de agregado natural de referência (OLIVEIRA et al., 2007; RICCI, 2007).

Comparado ao estado da arte, esse desempenho não reflete uma limitação intrínseca do material, mas a conjunção de três fatores controláveis. Primeiro, a escolha de agregado misto com fração cerâmica, sabidamente mais poroso e menos resistente que o agregado reciclado de concreto puro empregado, por exemplo, por Fardin e dos Santos (2020). Segundo, a substituição total combinada a um consumo de cimento baixo — ao passo que os estudos de melhor desempenho adotam substituição parcial e/ou consumos superiores (200 kg/m³ no caso citado).

Terceiro, e de modo decisivo, as próprias limitações experimentais reconhecidas pelos autores no capítulo de discussão: ausência de hidratação prévia da betoneira, aplicação inadequada da energia de compactação por inexperiência, falta de homogeneização dos agregados antes da pesagem, uso de balança analógica de baixa precisão e, sobretudo, encaminhamento dos corpos de prova à câmara úmida apenas após os primeiros sete dias, comprometendo a cura nas condições normalizadas (OLIVEIRA et al., 2007).

A alta absorção do agregado reciclado, observada empiricamente pelos autores em 2007, é hoje reconhecida como fator de primeira ordem que exige pré-saturação controlada ou compensação de água na dosagem (ABNT, 2021). O estudo original não dispunha desse procedimento sistematizado, o que explica boa parte da dispersão dos resultados — notadamente o corpo de prova prismático que apresentou aspecto poroso e segregado, com resistência à tração na flexão de apenas 0,8 MPa.

Em síntese, a reanálise sugere que, replicado hoje com agregado reciclado de concreto separado por densidade (ULSEN, 2011), substituição parcial, consumo de cimento adequado, pré-saturação dos agregados, energia de compactação controlada e cura desde a primeira idade, o experimento dos autores tenderia a reproduzir os patamares de desempenho relatados na literatura recente — convergindo, inclusive, com as resistências que o estudo original já registrava para obras paulistas de referência, como o Rodoanel Mário Covas e a Rodovia Castelo Branco.

AGENDA DE PESQUISA E RECOMENDAÇÕES

A continuidade natural do trabalho de 2007 organiza-se em torno de cinco eixos. Do ponto de vista experimental, recomenda-se um programa que (i) caracterize o agregado reciclado por separação por densidade, distinguindo a fração de concreto da fração cerâmica; (ii) adote substituições graduais (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) com pré-saturação ou compensação de água; (iii) controle a energia de compactação por norma e padronize a cura desde a moldagem; e (iv) incorpore ensaios ausentes no estudo original, como fadiga, módulo de elasticidade e durabilidade, alinhando-se às metodologias da literatura internacional.

Do ponto de vista normativo, há espaço para um artigo que discuta explicitamente a defasagem entre a NBR 15116:2021 — que avançou para o uso estrutural — e a NBR 15115:2004, ainda vigente para pavimentação, propondo critérios de atualização desta última à luz da evidência acumulada.

Do ponto de vista ambiental e econômico, a dimensão mais ausente em 2007 e mais valorizada em 2026, recomenda-se acoplar ao estudo de desempenho uma análise de ciclo de vida e de pegada de carbono, quantificando as emissões evitadas pela substituição da brita natural e pela redução do descarte, bem como uma análise de custo que atualize o argumento econômico para o contexto atual da Região Metropolitana de São Paulo.

Do ponto de vista de política pública, a baixa taxa de reciclagem nacional e a fragilidade do parque produtor de agregado reciclado sugerem que o principal entrave já não é técnico, mas de governança da cadeia — qualidade do agregado, fiscalização do descarte e estímulo à demanda, inclusive por meio de compras públicas sustentáveis em obras de infraestrutura.

Por fim, do ponto de vista de difusão, sugere-se a submissão do trabalho a periódicos nacionais da área (a exemplo de *Ambiente Construído*, da ANTAC) ou a congressos do setor (IBRACON, ABPv/RAPv, ENTAC), bem como aos fóruns profissionais do Sistema CONFEA/CREA, ampliando o alcance junto à comunidade técnica paulista.

O estudo conduzido pelos autores em 2007 foi pioneiro em testar, em escala de laboratório e com recursos limitados, uma hipótese que o tempo confirmou: o agregado reciclado de RCD é

tecnicamente apto à produção de CCR para camadas de base de pavimento. As resistências modestas então obtidas, longe de refutarem a hipótese, ilustraram com precisão os fatores que governam o desempenho — tipo de agregado, consumo de cimento, controle de água e qualidade dos procedimentos —, todos hoje bem compreendidos. Essa transparência metodológica, rara em trabalhos de conclusão de curso, conferiu ao estudo original um valor epistêmico que transcende seus resultados numéricos: funcionou como mapa de erros evitáveis e sinalizador de variáveis críticas que a pesquisa subsequente — nacional e internacional — viria a sistematizar.

Dezoito anos depois, o deslocamento observado não é apenas quantitativo (mais dados, mais normas, mais literatura), mas qualitativo: a pergunta deslocou-se da viabilidade técnica — hoje amplamente demonstrada — para três dimensões até então periféricas: a governança da cadeia de produção, a economia circular institucionalizada e a descarbonização da construção. Esse deslocamento reflete uma maturação do campo. Em 2007, demonstrar que agregado reciclado podia ser usado era suficiente; em 2026, a pergunta pertinente é: sob que condições sistêmicas, normativas e econômicas é viável, em larga escala, transformá-lo em matéria-prima confiável? A resposta já não reside apenas no laboratório ou no engenheiro de projeto, mas na articulação entre universidade, setor produtivo, poder público e instâncias regulatórias.





É nesse contexto que a presente reanálise e agenda de pesquisa ganham relevância institucional. A retomada crítica do trabalho de 2007 não é um exercício nostálgico, mas um posicionamento estratégico: demonstra que o conhecimento técnico acumulado justifica, agora, investimentos em pesquisa aplicada — estudos de durabilidade de longo prazo em obras piloto, programas de qualificação de produtores de agregado reciclado, protocolos de rastreabilidade digital para agregados — que alimentem decisões de política pública. A Região Metropolitana de São Paulo, em particular, dispõe de condições únicas para esse programa: acervo de obras emblemáticas com histórico de desempenho documentável, concentração de demanda por agregados, massa crítica em universidades e no sistema técnico (IPT, CREA, CONFEA), e pressão institucional pela sustentabilidade urbana. Traduzir essas condições em pesquisa coordenada e em diretrizes normativas atualizadas é, portanto, uma oportunidade com horizonte imediato.

A responsabilidade que decorre dessa oportunidade é também clara: é tarefa da comunidade acadêmica e profissional não apenas responder a perguntas técnicas, mas incentivar uma reflexão mais ampla sobre o papel da engenharia na transição para modelos circulares de produção e consumo. O agregado reciclado não é apenas um insumo mais barato ou um gesto ambiental; ele é um indicador da capacidade do setor de reimaginar seus processos produtivos sob restrições crescentes de recursos finitos. Nesse sentido, dar continuidade ao trabalho pioneiro de 2007 é afirmar que a engenharia brasileira está à altura desse desafio — reconhecendo o passado, aprimorando o presente e projetando um futuro onde a circularidade deixe de ser exceção e torne-se norma.

SEU PROJETO PODE FAZER A DIFERENÇA. INCLUSIVE EM OUTRAS CIDADES.



**Prêmio
CREA-PR
de Inovação
e Boas Práticas
nos Municípios**

O Prêmio Crea-PR de Inovação e Boas Práticas nos Municípios reconhece e valoriza municípios paranaenses que desenvolvam soluções inovadoras e boas práticas na gestão pública.

Para participar, basta seu município ter implementado políticas públicas, projetos ou práticas inovadoras com participação de responsável técnico registrado no Crea-PR, seja engenheiro, agrônomo ou geocientista.

INSCRIÇÕES ATÉ
31/07/2026

**Inscreva seu município e faça
a diferença por todo o Paraná.**

CATEGORIAS
Pequeno, Médio
ou Grande
Município

ÁREAS DE INSCRIÇÃO
• Meio Ambiente, Saneamento e Resíduos
• Infraestrutura, Mobilidade e Transporte
• Desenvolvimento Regional Integrado
• Desenvolvimento Rural
• Cidades Inteligentes

Edital e inscrições:



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

CONECTANDO O MUNDO DIGITAL AO CANTEIRO

COMO A SINERGIA ENTRE BIM, AWP E IA POTENCIALIZAM VDC E LEAN CONSTRUCTION

Cristiano Oliveira da Silva, Engenheiro Civil

O setor de construção e engenharia vive um paradoxo: enquanto cria os pilares físicos do nosso futuro, seus próprios processos muitas vezes permanecem presos a metodologias do passado. A consequência é um cenário que conhecemos bem: atrasos, estouros de orçamento e uma falta de previsibilidade que gera atrito em toda a cadeia produtiva.

Dados de pesquisas apresentados pelo Project Management Institute (PMI) revelam que, em 2021, cerca de 60% dos projetos analisados foram concluídos dentro do orçamento original, e aproximadamente 55% atingiram o prazo estipulado. Esses números não são apenas “estatísticas”; são o resultado de problemas sistêmicos como erros de planejamento, falta de colaboração entre as disciplinas e a incapacidade de prever e mitigar riscos. A resposta para essa ineficiência crônica não está em trabalhar mais, mas em trabalhar de forma mais inteligente. É aqui que surge uma oportunidade de aplicação de metodologias e tecnologias que estão disponíveis e podem ser consideradas uma força transformadora da indústria: BIM (Building Information Modeling), AWP (Advanced Work Package) e IA (Inteligência Artificial) como base para aplicação de práticas consideradas o “estado da arte” da construção: Lean Construction e VDC (Virtual Design and Construction).

Para entender o poder da integração, primeiro precisamos definir minimamente BIM, AWP, WFP, bem como VDC e Lean para uma compreensão clara e inequívoca de quais são os ganhos que essa “sopa de letrinhas” e métodos, ao atuarem em conjunto, são capazes de promover.

BIM DE FERRAMENTA A INSTRUMENTO ESTRATÉGICO

Embora “Modelos BIM” sejam frequentemente referenciados como “a fonte única da verdade”, a verdadeira força do BIM transcende a visualização 3D. Para que a sinergia com AWP e IA se sustente, é fundamental compreendê-lo como um sistema organizacional de gestão da informação que permeia todo o ciclo de vida do empreendimento.

Um dos maiores desafios práticos observados no mercado é a aplicação parcial do BIM. Quando o processo não se estende de maneira consistente para áreas como Planejamento (CAPEX), Suprimentos, Contratos e Controle de Custos, o que se cria é uma “camada digital isolada”, não um sistema integrado de produção. Isso gera a falsa percepção de que o BIM “não entrega valor”, quando, na realidade, a falha reside na maturidade organizacional e em um processo incompleto.

Portanto, para que a integração com AWP e VDC seja efetiva, o BIM precisa evoluir de um produto da engenharia digital para um instrumento estratégico corporativo. Isso exige que o modelo seja:

- Alinhado à estrutura de pacotes de trabalho do AWP (CWP, EWP, IWP);
- Inteligente, possuindo atributos e parâmetros compatíveis com a lógica construtiva;
- Conectado aos sistemas corporativos de custos, suprimentos e planejamento;
- Funcional, sendo utilizado como base para tomada de decisão, e não apenas como uma representação gráfica;

Sem essa transversalidade, perde-se justamente aquilo que se deseja com a implantação dessas filosofias de trabalho: previsibilidade, redução de retrabalho e aumento de produtividade.

AWP: A ENGENHARIA DA EXECUÇÃO

O AWP é uma metodologia de planejamento que começa com o fim em mente. Segundo publicação do CII (Construction Industry Institute) a performance do AWP está diretamente associada ao nível de maturidade na implementação e ao alinhamento organizacional e contratual. Portanto, mais do que um modelo técnico, o AWP deve ser entendido como um modelo de governança da produção. Sua premissa fundamental é o 'Cronograma Reverso', que consiste na definição da sequência ótima de construção e montagem no campo. Essa sequência é chamada de Path of Construction (POC).

Nota: Importante diferenciar o Path of Construction da sigla "POC" comumente usada para "Proof of Concept" (Prova de Conceito) em Inovação e Design Thinking.

O POC não é um teste, mas sim o caminho estratégico que define a ordem em que o ativo será construído, montado e comissionado. Esse caminho, então, dita as prioridades e os prazos para a projetista (quando os desenhos devem ser liberados) e suprimentos (quando os materiais devem chegar ao canteiro). Para gerenciar essa lógica, o AWP quebra o projeto em pacotes hierárquicos apresentados a seguir:

- **Construction Work Areas (CWA):** Grandes áreas geográficas do projeto;
- **Construction Work Packages (CWP):** Pacotes de trabalho gerenciáveis dentro de uma CWA, alinhados ao POC;
- **Engineering Work Packages (EWP) e Procurement Work Packages (PWP):** Pacotes de engenharia e suprimentos criados para suportar um CWP específico;
- **Installation Work Packages (IWP):** Pacote de trabalho "constraint-free" (livre de restrições), contendo todas as informações e recursos necessários para que uma equipe execute uma tarefa específica no campo, geralmente em uma ou duas semanas. Para isso, ele deve ter: escopo definido, materiais disponíveis, desenhos aprovados e permissões de segurança resolvidas.

Resumindo: é o nível final de detalhe.

- **WFP (WorkFace Planning) – O AWP na Linha de Frente:** O WFP é a execução detalhada do AWP no canteiro de obras. Ele se concentra na criação e liberação dos IWP's, garantindo que as equipes de frente de serviço (os 'workfaces') tenham todos os recursos prontos e disponíveis antes do início do trabalho. Isso elimina gargalos, tempo de espera e retrabalho, aumentando drasticamente a produtividade. Com efeito, o principal indicador da eficácia do WFP é o aumento do tempo produtivo da mão de obra (conhecido como 'Time on Tools'), que, segundo estudos do CII, pode saltar de patamares historicamente baixos para níveis significativamente mais altos quando a metodologia é aplicada adequadamente.

AWP: A ENGENHARIA DA EXECUÇÃO

Quando esses pilares operam juntos, o ganho é exponencial.

AWP + BIM: O AWP fornece a estrutura lógica (os pacotes de trabalho) e o BIM fornece o ambiente visual e de dados para gerenciá-los. Para que essa integração seja efetiva, o modelo BIM deve estar estruturado para suportar a codificação AWP. Ao vincular os CWP's e IWP's aos componentes do modelo, o 4D (modelo 3D + tempo) deixa de ser apenas uma visualização e se torna uma poderosa ferramenta de validação da sequência construtiva, permitindo simular a montagem, detectar conflitos com antecedência e garantir que os pacotes de trabalho sejam completos e sem restrições. A 'força da informação estruturada' materializa-se aqui.

AWP + BIM + IA: A integração de AWP e BIM gera um volume massivo de dados estruturados sobre o planejamento e a execução do projeto. A Inteligência Artificial (IA) é a ferramenta capaz de analisar essa imensa base de dados para extrair insights valiosos.

A IA PODE

- Otimizar o POC: Analisando dados de projetos anteriores, a IA pode sugerir a sequência de construção mais eficiente;
- Prever Gargalos: Ao monitorar o progresso real contra o planejado nos IWP's, algoritmos podem prever atrasos e identificar a causa raiz (ex: atraso na entrega de um PWP);
- Automatizar a Verificação: A IA pode analisar modelos BIM para verificar a conformidade com as normas de engenharia ou identificar automaticamente os componentes necessários para um IWP;
- Gerenciamento de Riscos: Modelos preditivos podem calcular a probabilidade de um CWP estourar o orçamento ou o prazo com base no desempenho atual e em dados históricos.

LEAN CONSTRUCTION E VDC: MÉTODOS POTENTES PARA CONECTAR O MUNDO DIGITAL AO MUNDO REAL

Para potencializar essa integração, é fundamental compreender que o VDC e o Lean Construction operam como 'primos irmãos'. Se o Lean é a filosofia que busca maximizar valor e eliminar desperdícios, o VDC é o framework (desenvolvido pelo CIFE – Center for Integrated Facility Engineering – Universidade de Stanford) que viabiliza essa entrega através da integração de Pessoas, Processos e Tecnologia.

Essa sinergia se materializa no pilar de PPM (Project Production Management) do VDC. Enquanto o planejamento tradicional foca em cronogramas teóricos, o PPM aborda a construção como um sistema de produção. É aqui que o mundo digital se conecta ao canteiro: o PPM utiliza a inteligência de dados do BIM e a estrutura de pacotes do AWP para garantir que a produção seja 'puxada' pela necessidade real da obra, reduzindo a variabilidade e criando um fluxo contínuo — o coração do pensamento Lean. Essa abordagem sistêmica é o que efetivamente transforma a tríade BIM+AWP+IA em uma força de produtividade.

A relação entre Lean Construction e VDC torna-se, assim, intrínseca e mutuamente potencializadora, concretizada através de como os pilares do VDC operacionalizam os princípios do Lean:

- **Maximização de Valor e Redução de Desperdícios:** O objetivo central do Lean Construction, de otimizar valor e eliminar todas as formas de desperdício, é diretamente endereçado pela aplicação de AWP/WFP. O WFP, ao assegurar que os IWP's estejam livres de restrições e possuam todos os recursos e informações necessários antes da execução, combate ativamente os maiores geradores de ineficiência no canteiro: espera por materiais ou informações, transporte desnecessário, defeitos e retrabalhos, e a subutilização do potencial humano. Essa otimização de recursos e processos é intrinsecamente alinhada ao Project Production Management (PPM);
- **Criação e Manutenção de Fluxo Contínuo:** O POC é projetado para estabelecer uma sequência de trabalho lógica e fluida. Os IWP's, que representam compromissos de trabalho executáveis em curtos períodos e sem entraves, são a garantia prática da continuidade nas frentes de serviço. Essa abordagem é crucial para manter o ritmo da produção e evitar interrupções, um pilar fundamental do pensamento Lean;
- **Operacionalização da Produção Puxada:** A metodologia AWP/WFP é o meio pelo qual o conceito Lean de "produção puxada" é operacionalizado em escala industrial. Em vez de um modelo de "empurrar" o trabalho, a demanda por um CWP no campo age como um "puxador" para as entregas de engenharia (EWP) e de suprimentos (PWP). Isso assegura que os esforços de projeto e aquisição sejam direcionados e realizados "just-in-time", de acordo com a necessidade real da obra, minimizando excessos e variabilidades;
- **Integração Decisória e Tecnológica (ICE e BIM):** Além disso, as sessões de Integrated Concurrent Engineering (ICE) — onde pessoas-chave tomam decisões colaborativas e multifuncionais, definindo, por exemplo, pacotes de trabalho e o POC — e o BIM — que atua como o requisito tecnológico central ao fornecer dados estruturados e confiáveis, são elementos fundamentais do VDC que pavimentam o caminho para a implementação bem-sucedida do Lean.





Eles garantem que a base informacional e decisória seja sólida, integrada e alinhada aos princípios de eficiência e eliminação de desperdícios, elevando a governança do projeto a um patamar mais estratégico.

RUMO A UMA CONSTRUÇÃO PREDITIVA E INTELIGENTE

Nesse ecossistema integrado, os componentes atuam em perfeita harmonia. O BIM transcende a visualização 3D para se tornar o sistema nervoso digital, fornecendo a base de dados rica e estruturada. O AWP funciona como a espinha dorsal da execução, organizando a produção em pacotes de trabalho lógicos e gerenciáveis através do POC. Por fim, a Inteligência Artificial age como o cérebro analítico, processando com agilidade sobre-humana a imensa quantidade de informações para otimizar sequências, prever gargalos e automatizar verificações. *Isoladamente, nenhum desses pilares possui o mesmo poder transformador que sua integração sistêmica.*

Apesar da visão promissora, a implementação dessas estratégias não está isenta de desafios. A transição para uma indústria mais eficiente exige o gerenciamento cuidadoso de barreiras culturais e contratuais, que tradicionalmente dificultam a colaboração. Além disso, a complexidade e o custo inicial da implementação, somados à necessidade crítica de garantir a qualidade e a governança dos dados ("garbage in, garbage out"), representam obstáculos significativos. Reforça-se, assim, que a abordagem não se trata apenas de adquirir novas ferramentas, mas de promover uma profunda mudança sistêmica que integra processos, tecnologia e governança.

O verdadeiro ganho, portanto, não reside em um modelo 3D mais bonito ou em um cronograma mais detalhado, mas na capacidade de usar a informação digital para dirigir a execução física no canteiro de forma fluida e sem restrições. Ao abraçar essa transformação, as empresas podem finalmente alcançar ganhos expressivos em produtividade, previsibilidade e redução de retrabalhos. Constrói-se, assim, não apenas empreendimentos com melhor desempenho, mas um futuro mais eficiente, seguro e sustentável para toda a indústria AECO.



CONSTRUINDO O FU TU RO

Cristiano Silva, Ibirajara Brauna e Ygor Silva

A SINERGIA ESSENCIAL ENTRE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

A transformação digital e tecnológica está redefinindo a construção civil, impulsionada por uma visão ambiciosa de projetos mais eficientes, seguros e inovadores. Esta revolução se baseia em uma sinergia fundamental entre as equipes de Engenharia, que identificam desafios e oportunidades, e de Tecnologia da Informação (TI), que viabiliza a concretização dessas inovações, garantindo infraestrutura, segurança de dados e integração de sistemas.

Mais do que uma visão, a aplicação prática desses conceitos já é uma realidade em grandes projetos internacionais de engenharia e construção. Em iniciativas recentes, observa-se a integração crescente entre IA, digitalização e engenharia de projetos. Isso inclui o uso de sensores e monitoramento em tempo real nos canteiros de obras, integração de modelos BIM com plataformas de Digital Twin para acompanhamento do ciclo de vida do ativo, e soluções de laser scanning e realidade aumentada para validação de campo e verificação de conformidade construtiva. Tais implementações resultam em gestão mais precisa, redução de retrabalho e aumento da previsibilidade dos resultados.

Além disso, a adoção de arquiteturas de dados corporativas integradas e o desenvolvimento de agentes de IA internos estão possibilitando a automação de processos documentais, a classificação inteligente de informações e o apoio à tomada de decisão baseada em dados. Essa abordagem orientada por dados transforma grandes volumes de informações em insights operacionais relevantes, permitindo antecipar riscos, otimizar planejamento e melhorar indicadores de segurança e produtividade.

Não é exagero afirmar que a IA é uma alavancagem estratégica para otimizar processos, aumentar a segurança e entregar melhores resultados. As principais aplicações de IA que estão redefinindo os padrões de excelência na construção e em projetos de capital incluem:

PPM HABILITADO POR IA: GESTÃO ESTRATÉGICA DE PORTFÓLIO

A IA transforma a maneira de gerenciar portfólio de projetos (Project Portfolio Management - PPM). Ao integrar soluções como Machine Learning e IA Generativa, passamos a tomar decisões mais estratégicas e informadas. A tecnologia permite análises avançadas para identificar as oportunidades de investimento mais promissoras, otimizar a alocação de recursos e prever riscos com maior precisão.

Benefícios Destacados:

- Maior agilidade empresarial para lidar com cenários dinâmicos e complexos.
- Análises preditivas para identificar "o que pode e/ou vai acontecer", permitindo ações proativas.
- Suporte informacional para ajustes de rotas em projetos em andamento.
- Mais disciplina e confiança na tomada de decisão estratégica.

AGENTES DE IA E ASSISTENTES VIRTUAIS: AUMENTO DA PRODUTIVIDADE E PRECISÃO

Impulsionados por IA Generativa, assistentes virtuais automatizam a criação de relatórios e análises, liberando equipes para atividades de maior valor. Utilizam técnicas como Retrieval-Augmented Generation (RAG) para acessar informações específicas e atualizadas (incluindo normas técnicas internas) e Fine-Tuning para adaptar modelos a contextos específicos.

A principal diferença dos agentes de IA em relação à IA Generativa tradicional reside na sua capacidade de agir de forma autônoma, executando ações reais como operar sistemas, acessar websites ou enviar e-mails. A evolução do uso de agentes nas empresas pode ser categorizada em três fases:

- Fase 1: Humano com assistente digital: Foca em reinventar a produtividade pessoal, onde a IA assume tarefas rotineiras, liberando os colaboradores para trabalhos mais estratégicos.
- Fase 2: Equipes humano-agente: Agentes de IA atuam como colegas digitais, transformando fluxos de trabalho ao assumir tarefas específicas sob direção humana.
- Fase 3: Liderado por humanos, operado por agentes: Os agentes executam processos de ponta a ponta, enquanto os humanos fornecem supervisão estratégica, moldando estratégias e relacionamentos.

É importante ressaltar que o RAG, embora mencionado no contexto de assistentes, não está ligado exclusivamente ao uso de agentes, mas à IA Generativa como um todo. Ele fornece "grounding" ao permitir que a IA foque e utilize conhecimento específico da empresa, não disponível publicamente na internet, personalizando-o para o contexto corporativo e garantindo respostas mais precisas e relevantes.

Benefícios Destacados:

- Agilidade na criação de relatórios e análises, agilizando a revisão de documentos.
- Melhoria na precisão e relevância das respostas.
- Maior adaptação a tarefas especializadas e contextos dinâmicos.
- Maior assertividade na tomada de decisões estratégicas por meio de análises em tempo real.

SIMULAÇÕES DE IA: PREVENÇÃO DE PROBLEMAS E OTIMIZAÇÃO DE PROJETOS

Antes mesmo de iniciar a execução, as simulações de IA permitem prever cenários complexos e identificar problemas potenciais. Utilizando modelos como Monte Carlo (*) ou simulações baseadas em agentes, podemos avaliar diferentes alternativas de projeto e planejamento. Isso reduz drasticamente o risco de falhas e a necessidade de retrabalho, além de otimizar o uso de materiais e a eficiência energética, alinhando os projetos às metas de sustentabilidade.

(*) Modelos Monte Carlo são métodos de simulação que utilizam repetidas amostragens aleatórias para prever resultados possíveis de sistemas complexos ou incertos.

Benefícios Destacados:

- Geração de dados sintéticos para treinar modelos de IA, mesmo quando os dados reais são escassos.
- Aumento da eficiência pela redução de tempo e custo para criar simulações complexas.
- Maior robustez e adaptabilidade a contextos incertos através da construção de cenários.

ROBÔS INTELIGENTES: SEGURANÇA E EFICIÊNCIA NO CANTEIRO DE OBRAS

Equipados com IA avançada, os "robôs inteligentes" automatizam tarefas complexas, desde a construção e montagem até a manutenção. Sua aplicação aumenta a produtividade e a qualidade através da padronização. Mais importante, eles elevam a segurança ao retirar pessoas de ambientes perigosos ou de difícil acesso, como trabalhos em altura ou em áreas com exposição a produtos químicos.

Benefícios Destacados:

- Aumento da segurança com a retirada de pessoas de zonas de risco.
- Execução padronizada e precisa das tarefas, melhorando a qualidade do trabalho.
- Redução de custos associados a erros humanos e retrabalho.

EDGE AI: INTELIGÊNCIA EM TEMPO REAL NO LOCAL DA OBRA

A Edge AI refere-se à execução de algoritmos de IA diretamente nos dispositivos no canteiro de obras (câmeras, sensores), em vez de depender de um servidor central ou na nuvem. Isso permite o processamento e a análise de dados em tempo real, resultando em decisões imediatas, redução de latência e maior segurança da informação, funcionando mesmo em áreas com conectividade limitada.

Benefícios Destacados:

- Processamento e tomada de decisões imediatas, sem a necessidade de enviar dados para a nuvem.
- Redução de latência, melhorando a reatividade em ambientes críticos (por exemplo: alertas de segurança).
- Redução dos riscos de transmissão de dados sensíveis.
- Operação independente da conectividade, garantindo a continuidade das atividades.

A incorporação estratégica dessas aplicações de Inteligência Artificial já é uma realidade em diversas empresas de engenharia e construção. A combinação entre engenharia, tecnologia da informação e estratégias estruturadas de dados não apenas aumenta a eficiência dos projetos, mas redefine o modelo de entrega de empreendimentos, aproximando-o de um paradigma verdadeiramente digital, colaborativo e orientado por valor ao longo de todo o ciclo de vida do ativo.



CAPTAÇÃO DE RECURSOS PARA ENTIDADES DE CLASSE.

O APOIO QUE
A ENTIDADE PRECISA,
EM BENEFÍCIO DOS
PROFISSIONAIS
E DA SOCIEDADE.



EDITAL
DE CHAMAMENTO
PÚBLICO



EDITAL
DE PATROCÍNIOS



POLÍTICA
DE ESTANDES

São milhões de reais em
investimentos, disponíveis em três
modalidades, para projetos
focados em capacitação,
tecnologia e métodos inovadores.

Acesse o QR Code
e saiba mais
como viabilizar
seu recurso.



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.

O ADVENTO DOS DISPUTE BOARDS NA ADMINISTRAÇÃO CONTRATUAL DE INFRAESTRUTURA:

UMA ANÁLISE TÉCNICA, JURÍDICA E ESTRATÉGICA DO MODELO BRASILEIRO E INTERNACIONAL

Mariana Borges de Magalhães
Coordenadora de Administração Contratual
Fernando Cunha
Direito da Construção & Engenharia Legal

A modernização da administração de contratos complexos de construção e infraestrutura no Brasil atravessa um momento de transição paradigmática. A substituição do modelo tradicional de confronto litigioso por mecanismos de solução consensual e técnica de conflitos encontra no Dispute Board (DB) seu expoente máximo de eficiência. Este instituto, consolidado internacionalmente e agora respaldado por robusto arcabouço legal e jurisprudencial no país, atua como um comitê de acompanhamento contínuo, capaz de resolver divergências em tempo real e preservar o cronograma físico-financeiro dos empreendimentos. A inclusão desses comitês não representa apenas uma escolha procedimental, mas uma estratégia de governança destinada a mitigar o "Direito Administrativo do Medo" e a garantir a continuidade de obras de grande vulto, historicamente marcadas por paralisações e desequilíbrios econômicos.

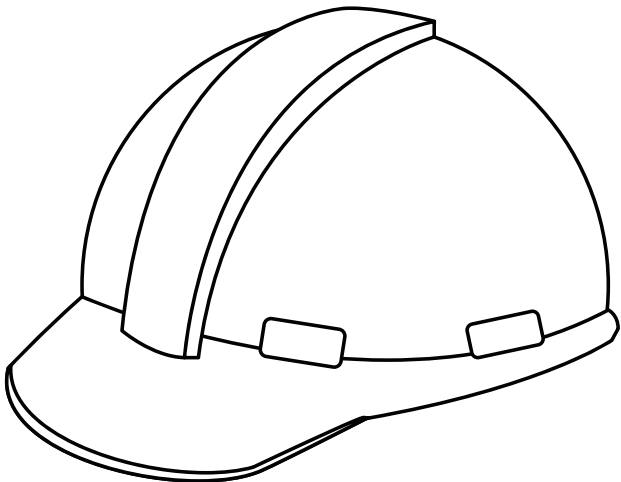


EVOLUÇÃO HISTÓRICA E CONTEXTUALIZAÇÃO DOS DISPUTE BOARDS NO CENÁRIO GLOBAL E BRASILEIRO

O conceito de Dispute Board originou-se nos Estados Unidos na década de 1960, especificamente no projeto da barragem Boundary e, posteriormente, no túnel Eisenhower. A necessidade de especialistas técnicos que pudessem decidir sobre as complexidades geológicas e de engenharia sem interromper o fluxo de trabalho revelou-se superior ao modelo de arbitragem ex post ou ao judiciário tradicional. Internacionalmente, a disseminação do método ocorreu de forma decisiva através da Federação Internacional de Engenheiros Consultores (FIDIC), que incluiu o mecanismo em seus modelos contratuais de 1999, e por exigência de organismos multilaterais como o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para financiamentos superiores a determinados montantes.

No cenário brasileiro, a experiência pioneira ocorreu no contrato da Linha 4-Amarela do Metrô de São Paulo em 2003, impulsionada por financiamento internacional. O sucesso desse modelo, que resolveu diversas disputas com custos marginais irrisórios frente ao valor global da obra, serviu de esteio para a expansão do instituto durante o Ciclo Olímpico e a Copa do Mundo. Atualmente, o Brasil vivencia um amadurecimento institucional onde o DB deixa de ser uma cláusula exógena e passa a ser parte integrante da gestão contratual de grandes estatais e órgãos da administração direta.

A trajetória virtuosa dos Dispute Boards no Brasil reflete uma mudança cultural significativa em um país historicamente marcado pela judicialização excessiva. O movimento de consolidação resultou da combinação entre experiências práticas bem-sucedidas e avanços normativos graduais, como as leis municipais pioneiras em São Paulo e as resoluções de agências reguladoras. O panorama atual indica que o DB não é mais visto apenas como um mecanismo de "importação", mas como uma ferramenta essencial de governança corporativa e pública para projetos que exigem alta performance técnica e financeira.



TIPOLOGIAS E DISTINÇÕES OPERACIONAIS DOS COMITÊS DE SOLUÇÃO DE DISPÚTAS

A escolha do formato do Dispute Board é determinante para a eficácia do mecanismo e deve alinhar-se à natureza dos riscos envolvidos no contrato. A literatura técnica e as normas internacionais, como as da Câmara de Comércio Internacional (ICC) e da FIDIC, estabelecem distinções claras entre as modalidades de atuação desses comitês.

COMPARAÇÃO ENTRE OS MODELOS DE DISPUTE BOARD

A distinção fundamental entre as modalidades reside na natureza da conclusão emitida e no impacto direto sobre o fluxo de caixa do projeto e a obrigatoriedade de cumprimento imediato pelas partes.

Característica	Dispute Review Board (DRB)	Dispute Adjudication Board (DAB)	Combined Dispute Board (CDB)	DAAB (FIDIC 2017)
Natureza da Decisão	Recomendação não vinculante.	Decisão vinculante imediata.	Híbrida (Recomendação ou Decisão).	Decisão vinculante com foco em prevenção.
Impacto no Fluxo de Caixa	Baixo; depende da aceitação voluntária.	Alto; obriga o pagamento imediato ("Pay Now, Argue Later").	Variável conforme o pedido das partes.	Alto; projetado para evitar interrupções financeiras.
Uso Recomendado	Projetos colaborativos com foco em consenso.	Projetos complexos com de risco paralisação.	Contratos que exigem flexibilidade procedimental.	Padrão internacional para grandes obras de infraestrutura.
Resposta	84 dias para recomendação.	Geralmente 84 dias para decisão vinculante.	Definido conforme a natureza do pedido.	Procedimento célere de 84 dias ou menos.

O PAPEL DO COMITÊ PERMANENTE VERSUS AD HOC

Outra diferenciação crucial refere-se à temporalidade do comitê. O comitê permanente é instituído no início da execução do contrato e acompanha todo o ciclo de vida da obra, realizando visitas periódicas e reuniões de acompanhamento. Esta modalidade é considerada superior para grandes obras, pois permite a prevenção de conflitos e a manutenção de uma base de fatos contemporânea. Por outro lado, o comitê ad hoc é criado apenas quando uma disputa específica surge, sacrificando os benefícios da prevenção e do conhecimento prévio do projeto em troca de custos de manutenção reduzidos.

BENEFÍCIOS NA AVALIAÇÃO DE PLEITOS E MITIGAÇÃO DE RUÍDOS CONTRATUAIS

A administração contratual em grandes obras de infraestrutura enfrenta o desafio constante da assimetria de informação e da escalada de pleitos (claims). O Dispute Board atua como um filtro técnico e ético, reduzindo o que os especialistas denominam "ruídos" contratuais — divergências menores que, se não tratadas, transformam-se em litígios paralisantes.

AVALIAÇÃO DE "ENTITLEMENT" E "QUANTUM" EM TEMPO REAL

Um dos maiores benefícios do DB é a capacidade de avaliar separadamente o mérito (entitlement) e o valor (quantum) de um pleito no momento de sua ocorrência. No modelo DRB, é comum que o comitê avalie primeiro o mérito para orientar as partes em uma negociação de valores, enquanto no DAB, a decisão abrange ambos os aspectos de forma vinculante para garantir a continuidade da obra. Esta avaliação contemporânea evita o fenômeno da "perícia retrospectiva", na qual árbitros ou juízes tentam reconstruir fatos de engenharia ocorridos anos antes, muitas vezes sem acesso ao canteiro de obras original.

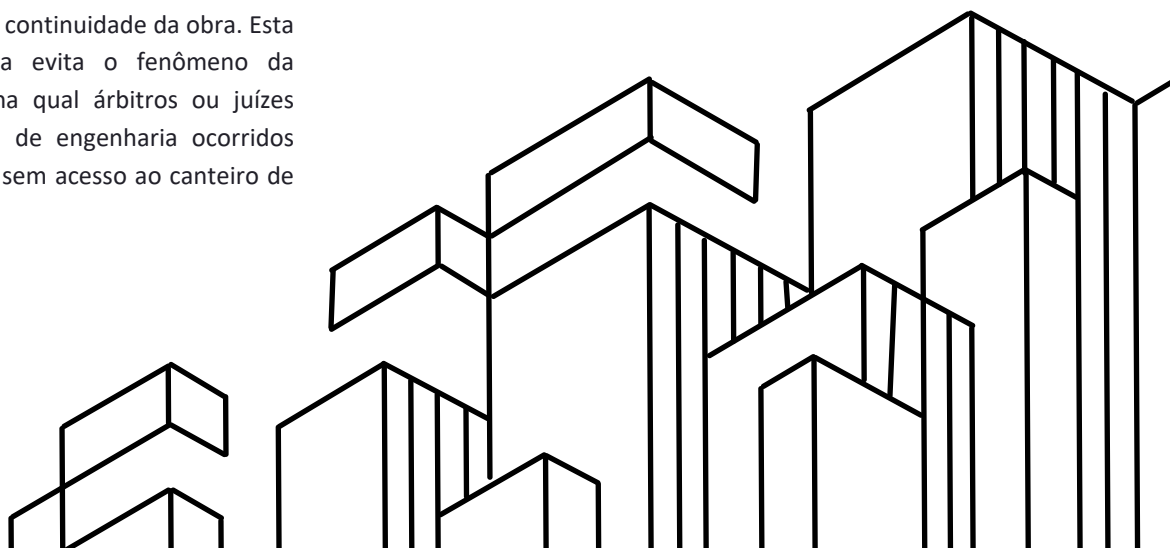
O EFEITO DISSUASIVO E A FUNÇÃO PEDAGÓGICA

A existência de um comitê de especialistas independentes exerce um efeito disciplinador sobre as equipes de gestão contratual. Sabendo que suas alegações serão submetidas a técnicos de renome que acompanham o dia a dia da obra, tanto o contratante quanto o contratado tendem a filtrar pleitos aventureiros ou defesas meramente protelatórias. Pesquisas indicam que em aproximadamente 45% dos contratos com DB, o surgimento de disputas formais foi completamente evitado, e em outros 41%, os entraves foram drasticamente reduzidos.

Esse efeito é potencializado pelas visitas periódicas ao local da obra, geralmente realizadas a cada três meses. Durante essas visitas, os membros do board não apenas revisam documentos, mas observam as condições físicas e o clima organizacional, permitindo intervenções informais (informal assistance) que resolvem mal-entendidos antes que se tornem pleitos financeiros.

O MARCO LEGAL BRASILEIRO: DA NOVA LEI DE LICITAÇÕES À SEGURANÇA JURÍDICA

A consolidação do Dispute Board no Brasil não seria possível sem um arcabouço legal que conferisse segurança aos agentes públicos e privados. A Lei nº 14.133/2021 (Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos - NLLC) representou o divisor de águas nesse sentido, positivando o instituto no plano federal.



DISPOSITIVOS DA LEI 14.133/2021

A NLLC dedica um capítulo específico aos meios alternativos de resolução de controvérsias, reforçando a legalidade do uso de comitês de resolução de disputas em contratações públicas.

Artigo (Lei 14.133)	Conteúdo e Implicação
Art. 151	Autoriza expressamente o uso de comitês de resolução de disputas ao lado da arbitragem e mediação.
Art. 151, Parágrafo Único	Define que o escopo abrange direitos patrimoniais disponíveis, equilíbrio econômico financeiro e indenizações.
Art. 153	Permite o aditamento de contratos vigentes para a inclusão de Dispute Boards.
Art. 154	Exige que a escolha dos membros observe critérios isonômicos, técnicos e transparentes.

A inclusão expressa na lei federal afasta as dúvidas sobre a constitucionalidade da delegação de decisões técnicas a terceiros privados pela Administração Pública. Além disso, a lei reforça que tais métodos devem ser utilizados preferencialmente para evitar a paralisação de serviços e obras essenciais, alinhando-se ao interesse público primário.

A MITIGAÇÃO DO "DIREITO ADMINISTRATIVO DO MEDO"

A base legal sólida é fundamental para superar o receio dos gestores públicos em deferir pleitos de reequilíbrio econômico-financeiro. Frequentemente, agentes públicos indeferem pedidos legítimos por medo de responsabilização pessoal pelos órgãos de controle. O Dispute Board, ao fornecer um lastro técnico independente e fundamentado, oferece ao gestor a segurança necessária para tomar decisões que preservem a saúde financeira do contrato sem o risco de ser acusado de favorecimento indevido.



O ENTENDIMENTO DO TCU E DOS ÓRGÃOS DE CONTROLE EXTERNO

A relação entre o Tribunal de Contas da União (TCU) e os Dispute Boards evoluiu de uma postura cautelosa para um reconhecimento pragmático da sua utilidade. O TCU, como órgão de controle, monitora o custo-benefício dessas estruturas e a legalidade da vinculação da Administração às decisões do board.

EVOLUÇÃO DA JURISPRUDÊNCIA DO TCU

O posicionamento do tribunal pode ser segmentado em marcos que refletem o amadurecimento do instituto no Brasil.

- Acórdão 2134/2023 - Plenário: Traçou o diagnóstico de que 41% das obras federais sofriam com paralisações, solidificando o entendimento de que mecanismos de solução em tempo real são cruciais para a economicidade, (sob a relatoria do ministro Rel. Min. Vital do Rego).
- Acórdão 4037/2020-Plenário: Em uma análise sobre concessões rodoviárias, o TCU entendeu que o uso do DB exigia regulamentação prévia pela agência reguladora competente (ANTT). Embora visto como um retrocesso temporário, esse entendimento impulsionou a criação de marcos regulatórios setoriais sobre o tema.
- Acórdão 2191/2025 - Contexto Atual: Com a entrada em vigor da Lei 14.133/2021, o TCU passou a ver o DB não apenas como uma opção, mas como uma boa prática de governança para mitigar o risco de obras paralisadas, que geram prejuízos bilionários em deterioração e custos de remobilização.

O tribunal monitora especialmente o processo de escolha dos membros e os custos envolvidos. O entendimento consolidado é de que, desde que o processo de seleção seja transparente e isonômico (conforme o Art. 154 da NLLC), e os custos sejam proporcionais ao vulto da obra, o Dispute Board é um investimento que atende ao princípio da economicidade ao evitar litígios arbitrais muito mais onerosos.

A JURISPRUDÊNCIA DO STJ E DOS TRIBUNAIS ESTADUAIS

O Poder Judiciário brasileiro tem sido um guardião da autonomia da vontade das partes na adoção de métodos alternativos. O Superior Tribunal de Justiça (STJ) e o Tribunal de Justiça de São Paulo (TJSP) estabeleceram precedentes fundamentais que garantem a exequibilidade das decisões dos Dispute Boards.

DECISÕES EMBLEMÁTICAS DO STJ

O STJ consolidou o entendimento de que as cláusulas de Dispute Board são válidas e vinculantes, desde que não excluam definitivamente o acesso à jurisdição estatal ou arbitral se as partes assim desejarem após a fase do comitê.

1. REsp 1.569.422-RJ (2016): O Ministro Marco Aurélio Bellizze reconheceu a existência, validade e eficácia das cláusulas de DB, fundamentando sua decisão na autonomia da vontade das partes para delegar a terceiros a solução de divergências pontuais ao longo da execução contratual. Ele blinda a autonomia de vontade contra tentativas unilaterais de judicialização, valorizando o comportamento concludente e a boa-fé objetiva das partes (nemo potest venire contra factum proprium)
2. REsp 1.733.370-GO (2018): Reafirmou a possibilidade de as partes preverem que as decisões do comitê tenham caráter vinculante imediato, sem prejuízo de revisão posterior por arbitragem. A corte destacou que tais decisões funcionam como uma extensão do próprio contrato (natureza contratual).

O PAPEL DO TJSP E O CASO DA LINHA 4-AMARELA

O TJSP teve a oportunidade de analisar a aplicação prática do DB no contrato do Metrô de São Paulo. Em uma decisão histórica, o tribunal manteve a validade de uma decisão do comitê que determinou o pagamento de R\$ 10 milhões a um consórcio construtor por custos extras de retirada de material contaminado.

O TJSP ressaltou que o mérito técnico decidido por especialistas no calor da obra deve ser prestigiado, reforçando que o judiciário não deve interferir em questões técnicas complexas que já foram avaliadas por um board imparcial e qualificado.

PRERROGATIVAS E DIFERENCIAÇÃO SETORIAL: OBRAS PÚBLICAS, PRIVADAS E CONCESSÕES

Embora a essência do Dispute Board seja a mesma, sua aplicação prática exige adaptações conforme o regime jurídico do contrato e a natureza do empreendimento. As prerrogativas dos membros e os limites das decisões variam significativamente.

OBRAS PRIVADAS DE GRANDE PORTE

No setor privado, como em grandes plantas industriais, mineração ou energia, a flexibilidade é máxima. As partes costumam adotar o modelo DAB (vinculante) com o rigor do princípio pacta sunt servanda. O comitê tem ampla liberdade para decidir sobre qualquer aspecto do contrato, e a execução de suas decisões é tratada como obrigação contratual imediata.

CONCESSÕES E PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPPS)

Em contratos de concessão de infraestrutura (rodovias, ferrovias, aeroportos), o DB atua como um braço de regulação contratual. A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), através da Resolução nº 6.040/2024, regulamentou o uso de comitês de prevenção e solução de disputas para dirimir conflitos técnicos.

- **Matérias Admissíveis:** Execução de obras, adequação a parâmetros regulatórios, cálculo de indenizações e eventos de impacto financeiro.
- **Limites:** O DB nas concessões da ANTT não pode analisar questões estritamente jurídicas, como a validade de atos de fiscalização ou a interpretação da matriz de riscos de forma abstrata, focando-se nos aspectos fáticos e técnicos subjacentes.
- **Composição:** Tradicionalmente três membros, com um indicado por cada parte e o terceiro por consenso.

OBRAS PÚBLICAS SOB A LEI 14.133/2021

Nas obras públicas tradicionais, o Dispute Board enfrenta o limite da indisponibilidade do interesse público. As decisões podem versar sobre direitos patrimoniais disponíveis, mas não podem anular atos administrativos discricionários ou decidir sobre temas de ordem pública. No entanto, para o cálculo de reequilíbrio econômico-financeiro decorrente de fatos técnicos (como solo imprevisível), o DB é a ferramenta ideal para subsidiar a decisão administrativa.

PASSOS NECESSÁRIOS PARA A INCLUSÃO E CRIAÇÃO DO DISPUTE BOARD

A implementação de um Dispute Board não deve ser um ato isolado, mas sim um processo integrado ao planejamento da obra. O sucesso do mecanismo depende da qualidade da redação das cláusulas e da escolha criteriosa dos membros.

ESTRUTURAÇÃO DA CLÁUSULA CONTRATUAL

Uma cláusula de Dispute Board eficaz deve ser "escalonada", conectando o comitê à mediação ou arbitragem final. Os elementos essenciais que devem ser consolidados no contrato incluem:

1. **Definição do Tipo de Board:** Escolha expressa entre DRB (recomendação), DAB (decisão vinculante) ou CDB (híbrido).
2. **Referência a um Regulamento:** Adoção de regras de uma câmara reconhecida (CCI, CAM-CCBC, CAMARB, etc.) para garantir suporte administrativo e procedimental.
3. **Número e Qualificação dos Membros:** Geralmente três membros para obras complexas, com exigência de experiência em engenharia e direito da construção.
4. **Efeito da Decisão e Prazo para Contestação:** Estipulação do prazo (geralmente 28 ou 30 dias) para emissão da *Notice of Dissatisfaction* (NOD), sob pena de a decisão tornar-se final e incontestável.
5. **Continuidade das Obras:** Previsão expressa de que a existência de uma disputa não autoriza a suspensão da execução do contrato. O processo de criação e instalação

A criação do board idealmente ocorre simultaneamente à assinatura do contrato. O passo a passo envolve:

- Nomeação dos Membros: Cada parte indica um membro que, em conjunto, escolhem o presidente. É vital verificar conflitos de interesse e independência.
- Assinatura do "Dispute Board Member Agreement" (DBMA): Contrato tripartidário entre as partes e os membros do comitê, definindo honorários, responsabilidades e imunidades.
- Reunião de Instalação: Primeiro encontro onde se define o cronograma de visitas, o fluxo de envio de relatórios mensais e os canais de comunicação oficial.

CUSTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E MANUTENÇÃO: UMA ANÁLISE DE ROI

Embora a manutenção de um Dispute Board permanente envolva custos fixos, o retorno sobre o investimento (ROI) é demonstrado pela redução drástica de custos com arbitragem e pela prevenção de atrasos que geram multas e perda de receita.

ESTRUTURA DE CUSTOS EM OBRAS DE GRANDE PORTE

Os custos diretos são geralmente rateados em 50% para cada parte e compreendem:

Em grandes empreendimentos, estima-se que o custo total do DB varie entre 0,05% e 0,15% do valor total da obra. No caso da Linha 4 do Metrô de SP, o custo foi de apenas 0,06% para resolver dez conflitos complexos. Em contrapartida, uma única disputa levada à arbitragem pode consumir de 1% a 3% do valor em disputa apenas com honorários e custas processuais, sem considerar o custo de oportunidade de obras paradas.

O DISPUTE BOARD COMO CONDIÇÃO DE PROCEDIBILIDADE PARA ARBITRAGEM

A interação entre o Dispute Board e a arbitragem é um ponto de atenção técnica. No Brasil, o STJ e os tribunais arbitrais tendem a considerar que, se o contrato prevê o DB como etapa obrigatória, a sua inobservância pode levar à extinção de um procedimento arbitral por falta de interesse de agir ou por desrespeito à cláusula escalonada.

A DISTINÇÃO ENTRE DECISÃO DO DB E SENTENÇA ARBITRAL

É fundamental que as partes compreendam que o membro do DB não é um árbitro no sentido estrito da Lei 9.307/96. Enquanto o árbitro "reconstrói a verdade dos fatos" após o conflito, o membro do DB "presencia o conflito" e emite uma decisão com força de aditivo contratual imediato.

Componente de Custo	Descrição	Base de Valor (Estimada)
Parcela Fixa (Retainer)	Remunera a disponibilidade e o estudo contínuo dos relatórios.	2 a 3 vezes a taxa diária por membro/mês.
Taxas Diárias	Pagas por dias de visita à obra, reuniões ou audiências.	US\$1.000 a US\$2.000 por membro.
Honorários de Decisão	Remuneração pela redação da decisão/recomendação.	Por hora ou valor fixo por pleito.
Despesas Variáveis	Passagens aéreas, hospedagem e deslocamentos.	Conforme o custo real incorrido.

A decisão do DB é exequível como obrigação de fazer ou pagar no curso do contrato, mas pode ser reformada pelo tribunal arbitral final, que proferirá uma sentença com força de título executivo judicial, insuscetível de recurso quanto ao mérito.

Para blindar as decisões do comitê, é recomendável que o presidente do board tenha conhecimentos sólidos em arbitragem, garantindo que o procedimento respeite o contraditório e a ampla defesa, reduzindo as chances de anulação posterior.

O DISPUTE BOARD NA PRÁTICA DA EXECUÇÃO CONTRATUAL: DA IMPLANTAÇÃO À GESTÃO COTIDIANA DAS DISPUTAS

Em contratos de empreitada de grande porte para obras de infraestrutura, a cláusula de resolução de controvérsias usualmente estrutura uma cadeia escalonada de mecanismos, cada um com função e natureza distintas, que devem ser percorridos de forma progressiva antes que a disputa chegue a uma instância definitiva.

O primeiro degrau dessa cadeia costuma ser a solução direta entre as partes, muitas vezes instrumentalizada por meio de uma DETERMINAÇÃO PROVISÓRIA do Contratante — mecanismo presente em contratos privados de grande vulto que reconhece a posição de gestor contratual do dono da obra, sem eliminar o direito de contestação do construtor. Esse instrumento busca garantir a continuidade da execução enquanto a divergência é processada.

O segundo degrau é a solução amigável pela alta diretoria: as partes submetem a questão à sua cúpula de gestão, que tem prazo determinado para buscar um acordo consensual. Trata-se de um filtro natural que, quando as organizações envolvidas têm maturidade e boa-fé, resolve parcela significativa dos impasses antes que qualquer mecanismo formal seja acionado.

Apenas quando esses filtros se revelam insuficientes — ou quando qualquer das partes entende não haver possibilidade de composição bilateral naquele momento — a controvérsia é submetida ao Comitê de Prevenção e Solução de Disputas - CPSD, administrado por câmara especializada. Se, após a decisão do Comitê, a parte discordante assim optar, abre-se o último degrau: a arbitragem, que proferirá sentença definitiva com força de título executivo.

Essa arquitetura em cascata não é casual. Ela representa o reconhecimento de que o DB deve atuar como mecanismo de contenção de litígios no curso das obras — preservando o cronograma físico-financeiro e evitando que divergências técnicas cheguem à arbitragem, cuja complexidade e custo são incompatíveis com a dinâmica de uma obra em plena execução.

IMPLANTAÇÃO DO COMITÊ: DA PREVISÃO CONTRATUAL À REALIDADE

Um dos aspectos mais sensíveis da implantação de um DB é a formação do próprio Comitê. A prática consolidada estabelece um colegiado de três membros: cada parte indica um membro com formação em Engenharia — refletindo a natureza predominantemente técnica das disputas que emergem nesse tipo de empreendimento — e esses dois membros indicam conjuntamente o terceiro, com formação Jurídica, que assume a Presidência do Comitê. Em caso de impasse na indicação, a câmara administradora designada faz as nomeações faltantes.

Essa composição híbrida é uma das marcas de inteligência do mecanismo. As disputas em obras de grande porte raramente são puramente jurídicas ou puramente técnicas: elas envolvem, ao mesmo tempo, fatos de engenharia complexos — condições geológicas, produtividade de equipamentos, metodologias construtivas, impactos em cronograma — e questões contratuais e jurídicas sobre alocação de riscos, interpretação de cláusulas e efeitos de eventos supervenientes. Um colegiado que reúne engenheiros experientes e um jurista especializado em direito da construção está equipado para enfrentar essa complexidade de forma integrada.

A precocidade da instauração do Comitê é outro elemento estrutural relevante. Boas práticas contratuais — e os regulamentos das câmaras especializadas — recomendam que o Comitê seja constituído logo após a assinatura do contrato, e não quando os problemas já se instalaram (!). Esse princípio decorre da compreensão de que a principal função do DB não é julgar, mas prevenir: para prevenir, ele precisa conhecer o projeto desde o início, acompanhar a evolução das obras e construir, ao longo do tempo, uma base factual sólida sobre o estado do contrato.

A NATUREZA VINCULANTE DAS DECISÕES E A OBRIGATORIEDADE DE CUMPRIMENTO

Nos modelos mais robustos adotados no Brasil — alinhados ao que a doutrina internacional denomina *Dispute Adjudication Board* (DAB) —, os pronunciamentos do Comitê têm natureza de decisão vinculante de cumprimento imediato. As partes se comprometem a respeitar e executar as decisões do Comitê enquanto o contrato está em andamento, podendo questionar o mérito da decisão apenas em sede de arbitragem posterior — sem que isso lhes autorize a suspender as obrigações contratuais ou a paralisar as obras.

Esse caráter vinculante é condição *sine qua non* para que o DB cumpra sua função. Um Comitê cujas decisões podem ser ignoradas a custo zero perde sua credibilidade e seu poder disciplinador. O descumprimento de decisões do Comitê costuma estar associado, nos contratos bem estruturados, a sanções financeiras automáticas — o que reforça o comprometimento das partes com o mecanismo e desincentiva comportamentos oportunistas.

A ROTINA DO COMITÊ: ACOMPANHAMENTO CONTÍNUO COMO FUNDAMENTO DA PREVENÇÃO

A operação de um DB permanente não se resume à resolução de disputas formalizadas. Seu valor preventivo depende de um fluxo contínuo e estruturado de informações sobre o andamento do contrato.

Na prática de obras em curso, o Construtor envia mensalmente ao Comitê relatórios de acompanhamento físico — descrevendo o progresso em relação ao cronograma, as intercorrências nas frentes de trabalho e as interferências que impactam a execução — além dos relatórios de controle tecnológico e de qualidade. O Dono da Obra, por sua vez, tem a oportunidade de encaminhar comentários a esses relatórios, registrando sua perspectiva sobre os mesmos eventos. O Comitê também recebe as atas de reunião e as correspondências formais trocadas entre as partes ao longo da execução.

Essa imersão documental regular não é burocracia: é a base que permite ao Comitê compreender o contexto técnico de cada potencial disputa antes mesmo que ela seja formalizada — e que possibilita intervenções informais e consultivas de alto valor preventivo. Um membro do Comitê que lê os relatórios mensais, acompanha a evolução das frentes de trabalho e conhece a história do projeto tem condições de emitir uma decisão fundamentada em dias, enquanto um árbitro que se debruça sobre o mesmo conjunto de fatos pela primeira vez precisaria de meses apenas para se familiarizar com o contexto.

As Reuniões Ordinárias do Comitê — geralmente mensais ou bimensais, dependendo do que as partes acordarem — são o espaço regular de troca de informações, atualização sobre o estado das obras e discussão de temas que, embora ainda não configurem disputas formais, merecem atenção preventiva. A pauta é construída pelas partes com antecedência, o que por si só já é um exercício valioso: ao preparar a pauta, os gestores de contrato são induzidos a organizar e verbalizar suas divergências com clareza, o que frequentemente favorece a resolução bilateral antes mesmo da reunião.

As Visitas Técnicas ao local de execução das obras — geralmente trimestrais — são um dos momentos de maior valor na dinâmica do Comitê. Durante essas visitas, os membros não se limitam a revisar documentos: eles percorrem as frentes de trabalho, observam as condições físicas do canteiro, verificam *in loco* as alegações técnicas das partes e avaliam — dimensão raramente capturada por documentos — o clima organizacional entre as equipes de gestão contratual.

Na prática de obras em andamento, essa observação direta do ambiente de trabalho permite ao Comitê identificar mal-entendidos em estágio embrionário, antes que se transformem em pleitos financeiros. Uma tensão entre equipes técnicas que se manifesta em uma visita ao canteiro pode ser tratada informalmente — com uma orientação do Comitê sobre como as partes deveriam proceder em determinada situação — e se dissipar antes de gerar correspondências formais, notificações e, eventualmente, submissão de disputa.

Quando a urgência não permite aguardar a próxima Reunião Ordinária — como ocorre em situações de campo com impacto imediato sobre o cronograma — os regulamentos das câmaras especializadas e os termos contratuais usualmente preveem a convocação de Reuniões Extraordinárias, com prazo de antecedência reduzido e pauta objetiva. Esse mecanismo de urgência é particularmente valioso em obras com alta dinâmica de execução.

EXPERIÊNCIA PRÁTICA: LIÇÕES DE UM DB EM PLENA OPERAÇÃO

A experiência de acompanhar um Dispute Board em plena operação em um contrato de infraestrutura de grande porte revela nuances que os textos normativos e doutrinários não capturam inteiramente. O que se descreve a seguir resulta da observação direta do funcionamento desse mecanismo no dia a dia da execução contratual.

A existência de um colegiado de especialistas independentes, de reconhecida reputação técnica e jurídica, que acompanha o dia a dia da obra, exerce um efeito disciplinador significativo sobre as equipes de gestão contratual de ambas as partes.

Do lado do Construtor, saber que os pleitos serão analisados por engenheiros experientes — que conhecem os projetos, as condições de campo, os preços de referência e as metodologias de cálculo — desincentiva a apresentação de reivindicações aventureiras ou infladas, formuladas com pouco embasamento técnico ou na expectativa de que a outra parte ceda por comodidade. Um pleito mal fundamentado diante de um Comitê credenciado não apenas será indeferido: ele compromete a credibilidade técnica da equipe perante o próprio Comitê em disputas futuras.

Do lado do Dono da Obra, a presença do DB funciona como um antídoto ao que a literatura denomina "Direito Administrativo do Medo" — o receio de gestores em deferir pleitos legítimos por temor de responsabilização pessoal, mesmo quando o direito contratual e os fatos técnicos são claros. Quando um reequilíbrio econômico-financeiro é reconhecido e mensurado por um Comitê de especialistas independentes, a decisão do gestor em homologar o reajuste ganha lastro técnico que a protege de questionamentos por órgãos de controle ou pela hierarquia/auditoria interna. O Comitê, em essência, fornece ao gestor a cobertura técnica para fazer o que deve ser feito.

O DB também inibe que o contratante responda a pleitos recebidos de forma rasa, genérica ou meramente protelatória. Uma manifestação deficiente — que não enfrente o mérito técnico com a profundidade que o assunto exige — será identificada pelo Comitê como tal, com as consequências naturais para a posição daquela parte no processo de deliberação.

Esse efeito bidirecionalmente disciplinador é potencializado pelas visitas periódicas ao canteiro, que conferem ao Comitê o conhecimento de campo necessário para avaliar a plausibilidade das alegações de ambas as partes com base na realidade observada.

Uma das contribuições mais valiosas do DB na prática não é a decisão formal adjudicatória, mas a orientação metodológica que o Comitê oferece quando uma disputa envolve não apenas o mérito do pleito — o chamado entitlement —, mas também sua mensuração financeira, o quantum.

Na experiência de obras em andamento, observa-se com frequência que as partes concordam, em linhas gerais, com a existência do direito ao pleito, mas divergem profundamente sobre a metodologia de cálculo a ser adotada: qual índice verificador aplicar, como mensurar a improdutividade causada por um evento, como calcular o custo de permanência de equipamentos em regime de espera e assim em diversos outros casos. Nessas situações, o Comitê tem atuado de forma construtiva ao sugerir às partes uma metodologia consensada — um caminho técnico aceito por ambos os lados — para que o cálculo seja desenvolvido em conjunto e o valor apurado de forma colaborativa, sem necessidade de uma decisão formal. Essa, eu diria, é uma das valiosas preciosidades do DB.

Essa atuação consultiva e mediadora, formalmente prevista nos regulamentos das câmaras especializadas sob a denominação de "Opinião Consultiva" ou equivalente, pode ser exercida de forma não vinculante e anterior a qualquer submissão formal de disputa. É um instrumento poderoso de desbloqueio de negociações travadas: quando as partes estão em impasse sobre como calcular, o Comitê oferece o referencial metodológico, e as partes conduzem o cálculo e chegam ao valor por consenso — preservando o relacionamento contratual e evitando a formalização de uma disputa que poderia ser resolvida tecnicamente.

Um risco real e recorrente na operação de um DB é a inibição da vontade de resolver conflitos diretamente entre as partes. Com a existência do Comitê, pode surgir — especialmente em equipes menos experientes com o mecanismo — uma tendência de abdicar da negociação direta e transferir ao DB qualquer divergência, por menor que seja. As tratativas bilaterais ficam engessadas; os gestores de contrato passam a aguardar a próxima reunião do Comitê para discutir questões que poderiam ser resolvidas em uma reunião de medição ou em uma troca de correspondência técnica.

Esse não é o objetivo do mecanismo, e esse desvio de função compromete sua eficácia. O DB não foi concebido para substituir o relacionamento contratual entre as partes: foi concebido para ampará-lo quando esse relacionamento não é suficiente para resolver divergências de maior complexidade ou relevância financeira. Quando o DB se torna o destino padrão de qualquer impasse — e não o recurso excepcional para aqueles que genuinamente resistem à resolução bilateral —, perde-se o principal benefício do mecanismo, que é manter o diálogo contratual fluido e produtivo.

A preservação da vontade de negociar diretamente é, portanto, uma responsabilidade das partes que não pode ser transferida ao Comitê e assim devemos atuar! O DB é um suporte, não uma muleta.

As partes precisam de maturidade institucional para operar com um DB ativo: maturidade para continuar negociando diretamente nos níveis técnico e gerencial, para fazer concessões calibradas, para resolver no dia a dia do canteiro o que pode ser resolvido ali — e para reconhecer, naquilo que genuinamente não comporta solução bilateral, o momento adequado de acionar o Comitê.

Mas há uma dimensão ainda mais exigente dessa maturidade: a disposição para aceitar decisões do Comitê que sejam desfavoráveis. Um DB que tem pedidos rotineiros adicionais de tempo para esclarecimentos, decisões sistematicamente questionadas descumpridas ou imediatamente contestadas em arbitragem perde sua credibilidade e sua eficácia preventiva. A submissão às decisões do Comitê — ainda que contrariem a posição da parte — é a expressão mais concreta do compromisso com a continuidade da obra e com a saúde do relacionamento contratual de longo prazo. Importante saber a base contratualmente estabelecida de: *pay now, argue later*.

Nas obras em que esse mecanismo funciona com excelência, observa-se que as partes encaram as decisões desfavoráveis não como derrotas, mas como balizamentos técnicos que orientam a condução futura do contrato. Uma parte que perde uma disputa no DB e compreende as razões técnicas da decisão tende a aprimorar a fundamentação de seus pleitos subsequentes — o que, por sua vez, eleva o nível geral do diálogo contratual.

O DB COMO INSTRUMENTO DE REDUÇÃO DE RUÍDOS CONTRATUAIS

A literatura especializada frequentemente atribui ao DB o papel de reduzir "ruídos contratuais" — divergências que, se não tratadas em tempo real, acumulam-se e se transformam em litígios de difícil resolução retrospectiva. A experiência prática confirma essa função, mas adiciona uma dimensão qualitativa que merece ênfase.

O DB não reduz apenas a quantidade de disputas: ele eleva o nível técnico do diálogo contratual como um todo. Quando as partes sabem que suas posições serão avaliadas por especialistas independentes, os documentos que registram a execução — relatórios mensais, correspondências, atas de reunião, registros fotográficos de campo — são produzidos com maior rigor e fundamentação. A rastreabilidade dos eventos de obra melhora. A documentação contemporânea à ocorrência dos fatos torna-se prioridade para ambos os lados, pois todos sabem que é nesse acervo que o Comitê buscará os elementos de sua convicção.

Esse efeito de elevação da qualidade da gestão documental é um benefício colateral do DB que, embora raramente mencionado nos estudos de custo-benefício, tem valor real na governança contratual. Em uma eventual arbitragem posterior, um processo instruído com documentação contemporânea e bem organizada é resolvido de forma muito mais ágil e com menor custo do que aquele em que os fatos precisam ser reconstituídos retroativamente a partir de memórias e inferências.

A LÓGICA ECONÔMICA DO INVESTIMENTO NO DB

Os custos de manutenção de um Dispute Board permanente — honorários mensais dos membros pelo acompanhamento contínuo, taxas por visitas técnicas e honorários por decisões formais, divididos igualmente entre as partes — representam, em termos relativos ao valor global de contratos de obras de infraestrutura de grande porte, uma fração muito pequena do investimento contratual total.

A lógica econômica é simples e poderosa. O custo de manter o DB ativo ao longo de toda a execução é desprezível quando comparado ao custo de uma única arbitragem complexa — que pode consumir parcela significativa do valor (tempo) em disputa apenas em honorários e custas processuais, sem considerar os custos indiretos de obras paralisadas, perdas de cronograma, deterioração do relacionamento entre as partes e perda de receita operacional.

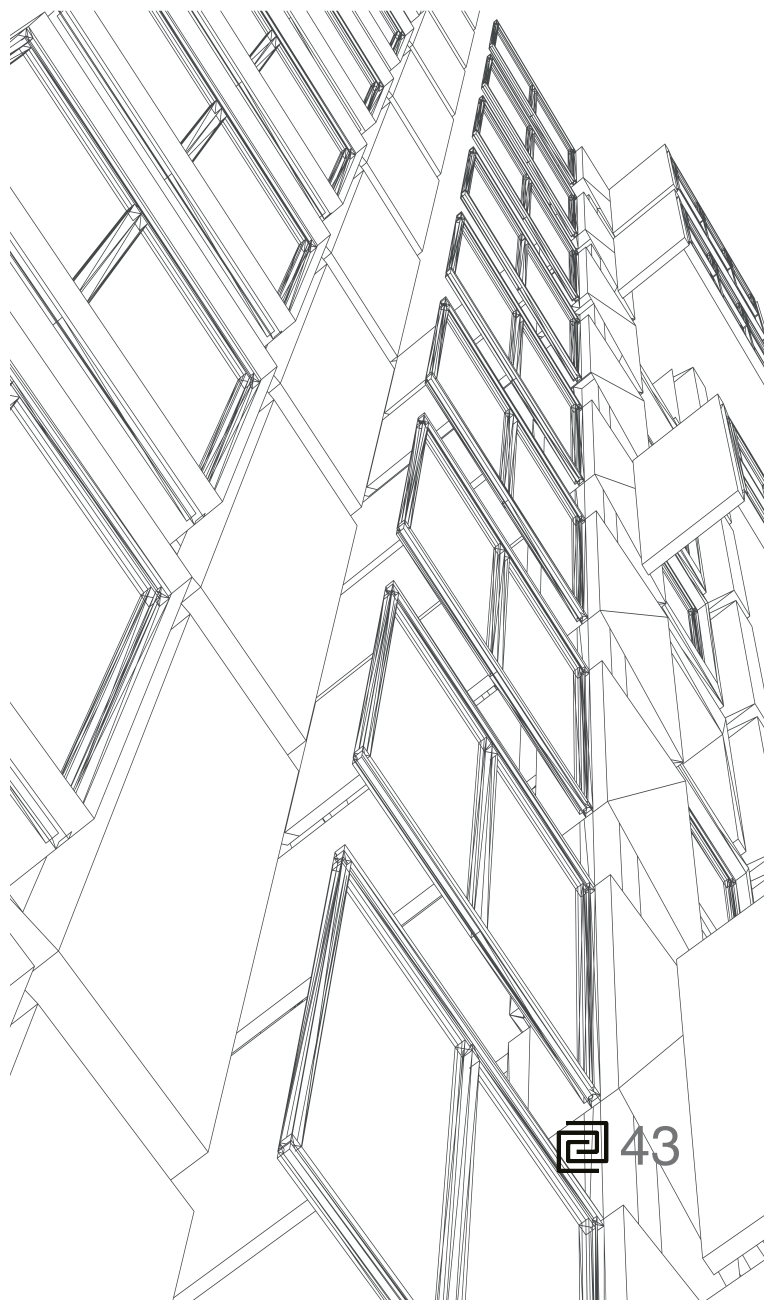
A EXTINÇÃO DO COMITÊ E A COBERTURA DE TODO O CICLO CONTRATUAL

O Comitê Permanente não tem prazo prefixado de funcionamento atrelado ao andamento físico das obras: ele se mantém ativo até a resolução de todas as controvérsias e o cumprimento de todas as obrigações contratuais — preservando a cobertura do mecanismo mesmo após a entrega física das obras, durante o período de correção de pendências, de emissão dos certificados de aceitação e ao longo do prazo de garantia.

Essa continuidade até o encerramento completo das obrigações é um diferencial relevante. Em contratos de infraestrutura, disputas significativas frequentemente emergem não durante a execução das obras, mas ao final — quando as partes fazem o balanço dos quantitativos executados, das variações de projeto, das extensões de prazo e dos eventos que impactaram o contrato ao longo de toda a sua duração. Ter o Comitê constituído, familiarizado com a história do contrato e operante nesse momento final é uma vantagem expressiva para a resolução célere dessas questões de encerramento.



O advento dos Dispute Boards no Brasil representa o amadurecimento da engenharia e do direito da construção. A ferramenta deixou de ser uma cláusula de luxo para tornar-se uma necessidade operacional em projetos que não admitem a ineficiência do litígio tardio.



NOVA CARTEIRA PROFISSIONAL DIGITAL.

**PERFEITA PARA VOCÊ
QUE SE IDENTIFICA
COM A TECNOLOGIA.**

Os profissionais do Crea-PR têm mais uma facilidade no dia a dia com a Carteira Profissional Digital acessível por aplicativo, um documento válido em todo o território nacional.

Saiba mais
e solicite a sua:



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.



TRATADO DE ENGENHARIA LEGAL E GESTÃO CONTRATUAL ESTRATÉGICA

DA REATIVIDADE CRÍTICA À PROATIVIDADE DIGITAL NA PROTEÇÃO DO
CAPEX E MAXIMIZAÇÃO DE RESULTADOS

Fernando Cunha
Direito da Construção & Engenharia
Carlos Castelo
Engenheiro Civil

O maior passivo de um empreendimento raramente nasce do evento impactante em si, mas da incapacidade da organização em produzir registros contemporâneos capazes de transformar fatos físicos em direitos contratualmente protegidos.

A gestão de contratos em empreendimentos de infraestrutura e construção industrial deixou de ser uma atividade periférica de suporte administrativo para se tornar o epicentro estratégico da viabilidade econômica das organizações contemporâneas. Este fenômeno decorre da crescente complexidade técnica dos projetos, da volatilidade dos mercados de insumos e da necessidade imperativa de mitigação de riscos em ambientes de alta litigiosidade. No cenário macroeconômico atual, a eficiência de um projeto de infraestrutura depende da capacidade dos gestores em traduzir eventos físicos em direitos e obrigações contratuais em tempo real, permitindo que a organização proteja suas margens de lucro e evite a erosão do valor do ativo ao longo de seu ciclo de vida, desde a fase de viabilidade até a operação e manutenção.

A indústria da construção civil operou, durante décadas, sob um paradigma de gerenciamento por crise, caracterizado por uma postura reativa onde o departamento jurídico e os administradores contratuais eram acionados apenas após a materialização de problemas críticos. Este modelo tradicional foca na mitigação de danos já ocorridos, em vez de atuar na preservação do valor original do empreendimento. A transição para a gestão proativa representa uma reengenharia cultural profunda que deve permear todos os níveis da organização, fundamentada em pilares de antecipação e inteligência de dados.

O PARADIGMA DA GESTÃO REATIVA E A CULTURA DO GERENCIAMENTO POR CRISE

A gestão reativa não compromete apenas cronogramas; ela destrói previsibilidade financeira. Em contratos EPC de baixa margem, pequenos desvios de produtividade acumulados sem gestão contemporânea podem consumir integralmente o resultado operacional do empreendimento.

A gestão reativa pode ser conceituada como o modelo de administração contratual que opera prioritariamente no passado ou no presente imediato, reagindo a problemas somente após a sua materialização física ou financeira. Na prática dos canteiros de obras, esta abordagem é frequentemente descrita através da figura de linguagem da cultura de "apagar incêndios".

Imagine-se um gestor que atua como um bombeiro munido de um balde de água furado: ele corre para apagar as chamas do litígio quando estas já consomem o orçamento e o cronograma do projeto, mas a falta de registros contemporâneos e de uma estratégia estruturada faz com que o esforço seja, em grande parte, ineficaz para recuperar o valor perdido.

Nesta dinâmica reativa, o contrato é tratado como um documento de prateleira ou um arquivo morto. Ele é um instrumento estático que só é consultado em situações de conflito extremo ou quando a rescisão se torna iminente. A gestão cega resultante deste comportamento baseia-se puramente na intuição ou em registros informais, o que destrói a capacidade da empresa de comprovar o nexo causal entre eventos externos, como chuvas atípicas ou atrasos na liberação de frentes pela contratante, e o aumento real de custos.

A consequência direta desta inércia administrativa é a erosão do valor do ativo. Este é um processo gradual e muitas vezes invisível de perda de rentabilidade, onde pleitos tardios, multas contratuais acumuladas e paralisações não planejadas consomem as margens de lucro da contratada e inflam o CAPEX (*Capital Expenditure*) da contratante de forma descontrolada. Historicamente, este modelo tem levado a uma judicialização excessiva e a atrasos crônicos que inviabilizam o retorno sobre o investimento inicial.

O jurídico costuma tomar conhecimento do evento apenas meses — às vezes anos — depois, quando já se esgotaram os prazos fatais de reclamação (time-bars). Essa falha em traduzir fatos técnicos em notificações contratuais transforma risco operacional em passivo jurídico irreversível: custos já incorridos, prova contemporânea perdida e poder de negociação esvaziado. Em muitos projetos industriais, registros informais de restrições de acesso ou atrasos não são formalizados em notice, de modo que, ao acionar o jurídico, os prazos expiraram e a reivindicação fica comprometida.

A patologia contratual na gestão reativa manifesta-se em estágios avançados, como uma metástase que atinge o nível judicial ou arbitral sem que intervenções preventivas tenham sido realizadas no estágio embrionário do conflito. A inexistência de um sistema robusto de Monitoramento e Controle impede a identificação precoce de desvios na Curva S e na análise de Valor Agregado (EVM – Earned Value Management), gerando surpresas no fechamento econômico do projeto.

A ANATOMIA DOS SILOS ORGANIZACIONAIS E A PATOLOGIA CONTRATUAL

Uma característica intrínseca da gestão reativa é a fragmentação da comunicação em silos organizacionais. Os departamentos de Engenharia, Suprimentos e Jurídico operam como ilhas isoladas, com barreiras invisíveis que impedem o fluxo de informações críticas para a saúde do contrato. Quando um problema surge no campo, a engenharia foca exclusivamente na solução técnica imediata, muitas vezes ignorando as formalidades de notificação previstas no instrumento contratual.

A TRANSIÇÃO PARADIGMÁTICA: DA CRISE À ANTECIPAÇÃO ESTRATÉGICA

A transição para a Gestão Proativa representa uma reengenharia cultural profunda que deve permear todos os níveis da organização, desde a diretoria executiva até a fiscalização de campo. Esta mudança baseia-se em pilares fundamentais de antecipação e inteligência de dados, onde a mentalidade evolui da busca por culpados (*blame culture*) para a implementação dinâmica de planos de resposta a riscos. No modelo proativo, o gestor contratual não espera o surgimento de um pleito (*claim*) para agir; ele estrutura o projeto com mecanismos de monitoramento que permitem identificar tendências de desvio antes que estas se transformem em perdas financeiras significativas.

A proatividade permite identificar riscos em estágios iniciais, quando as soluções são mais simples e consideravelmente menos onerosas. A transição exige a "quebra de silos", onde Engenharia, Suprimentos, Planejamento e Jurídico passam a operar em simbiose absoluta. O compromisso da alta gestão, atuando como patrocinadora (*sponsor*) desta visão, é vital para internalizar que o gerenciamento contratual não é um custo administrativo fixo (*overhead*), mas um investimento em segurança — um "seguro estratégico".

A FILOSOFIA DA GESTÃO PROATIVA COMO NOVO EIXO DE PENSAMENTO

A gestão proativa fundamenta-se na ideia de que a segurança jurídica de um empreendimento é construída dia após dia, através da precisão dos dados e do rigor dos registros contemporâneos. Se a gestão reativa é o bombeiro, a gestão proativa é o sistema de detecção precoce e supressão automática de incêndios, ou ainda, um sistema imunológico digital que identifica o agente patogênico (o risco) e o neutraliza antes que ele cause um dano sistêmico ao organismo (o projeto).

Diferente do modelo tradicional, a gestão proativa não espera o surgimento de um pleito para agir. Ela estrutura o projeto com mecanismos de monitoramento contínuo que permitem identificar tendências de desvio antes que estas se transformem em perdas financeiras significativas. O contrato deixa de ser uma peça literária isolada para se tornar um organismo vivo que governa as interações diárias no canteiro de obras em tempo real.

COOPERAÇÃO COM A EQUIPE INTERNA: COMPLEMENTARIDADE E NÃO SUBSTITUIÇÃO

É fundamental estabelecer que a gestão proativa, especialmente quando implementada através de consultorias especializadas em Engenharia Legal, não visa substituir ou usurpar a autoridade e as responsabilidades da equipe de gerenciamento interna do projeto. O papel deste modelo é atuar como um braço de suporte técnico-estratégico, fornecendo o arcabouço normativo e a mitigação de riscos legais que potencializam a execução técnica da equipe de campo.

A gestão proativa auxilia a engenharia contratual interna a "traduzir" a realidade física da obra para a linguagem do contrato, garantindo que o fluxo de caixa e o cronograma sejam preservados sob a égide da lei e das melhores práticas internacionais. O objetivo final é a preservação da reputação das organizações e a viabilidade econômica do ativo, criando uma simbiose entre o conhecimento técnico de quem executa e a visão estratégica de quem protege o direito.

Dimensão da Gestão	Gestão Reativa (Cultura de Crise)	Gestão Proativa (Cultura de Antecipação)
Abordagem Temporal	Focada no passado (mitigação de danos)	Focada no futuro (prevenção de riscos)
Papel do Jurídico	"Bombeiro" e revisor de minutas	Estrategista e parceiro da engenharia
Natureza dos Dados	Fragmentados, informais e tardios	Centralizados, digitais e auditáveis
Comunicação	Reativa a notificações via e-mail	Fluxo estruturado, constante e auditável
Documentação	Semanários retroativos incompletos	RDO bilateral e contemporâneo(Prova Rainha)
Impacto no CAPEX	Corrosão por claims e multas	Proteção do investimento e eficiência
Uso da Tecnologia	Ferramentas básicas de reporte	BIM, Drones, Satélites, A Blockchain
Tomada de Decisão	Baseada na intuição ou registros precários	Baseada em dados digitais e tendências
Relação Contratual	Frequentemente beligerante e litigiosa	Pautada na transparência aGain Share
Resultado Final	Perda de margem e estouro de orçamento	Preservação de lucro e segurança jurídica

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA GESTÃO PROATIVA E LEGAL PROJECT MANAGEMENT (LPM)

Um dos pilares centrais da gestão proativa é o Legal Project Management (LPM), que consiste na aplicação das metodologias consagradas de gestão de projetos (como as diretrizes do PMI® e do IPA®) ao universo jurídico. O LPM visa quantificar e qualificar os riscos jurídicos, buscando soluções que protejam o capital sem paralisar a execução técnica.

Neste contexto, surge o conceito de "Constructability Jurídica". Este princípio dita que a estratégia de construção real e as restrições logísticas específicas do canteiro devem ser a premissa fundamental do design jurídico do contrato. Um contrato proativo deve refletir a sequência construtiva real, as dependências técnicas entre as fases de projeto, suprimento e montagem e a disponibilidade de recursos em campo. Cláusulas que ignoram a realidade física da obra são ineficazes e são fontes certas de atrito e litígio, devendo se analisar:

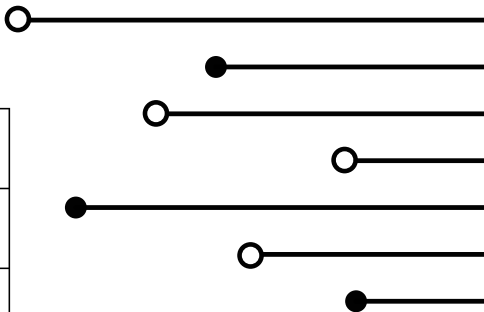
- incompatibilidade cronograma x realidade física;
- sequenciamento;
- logística;
- interfaces;
- EPC fast-track;
- modularização.

MONITORAMENTO E CONTROLE COMO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

O binômio monitoramento e controle constitui o sistema nervoso central da administração contratual durante a fase de execução. Sem um sistema robusto de coleta de dados, a gestão torna-se cega e puramente baseada em intuição, o que é insuficiente para sustentar defesas em arbitragens complexas. O monitoramento e controle envolvem a observação contínua de indicadores como avanço físico, desempenho financeiro e produtividade das equipes em campo. O controle refere-se às ações corretivas tomadas em resposta aos dados monitorados.



Indicador	Função na Gestão Contratual Proativa	Implicação Jurídica / Prova Técnica
Curva S	Comparação contínua entre planejado e realizado	Prova de atraso injustificado ou aceleração imposta
EVA (Earned Value)	Medição da eficiência de custo e prazo	Base técnica para cálculo de perdas e danos
KPI de QSMS	Monitoramento de conformidade ambiental e de segurança	Mitigação de passivos trabalhistas e ambientais
Registro de Riscos	Acompanhamento dinâmico de eventos incertos	Evidência de diligência e fundamento para matriz de riscos
Matriz de Riscos	Alocação objetiva de responsabilidades	Define a responsabilidade pelo ônus de eventos imprevistos



DIFERENCIAÇÃO DETALHADA: OBRAS PÚBLICAS E PRIVADAS

A gestão proativa deve adaptar-se às nuances dos regimes jurídicos que regem as contratações no Brasil, uma vez que as bases legais impõem ritos distintos para o reequilíbrio econômico-financeiro e a alocação de riscos.

Nas obras públicas, o pilar central da gestão contratual é o princípio constitucional da manutenção da equação econômico-financeira original, resguardado pelo artigo 37, inciso XXI, da Constituição Federal. O contrato administrativo é regido pela supremacia do interesse público, mas limitado pela legalidade estrita. A Nova Lei de Licitações institucionalizou a Matriz de Riscos como ferramenta de alocação objetiva de responsabilidades. Em contratos que possuem uma matriz de riscos bem definida, a análise de um pleito torna-se binária: se o risco de um evento (como uma variação geológica) foi expressamente alocado à contratada, o pedido de reequilíbrio deve ser indeferido, pois presume-se que o evento foi precificado na proposta comercial.

A jurisprudência do Tribunal de Contas da União (TCU) tem evoluído para exigir maior rigor técnico e tecnológico tanto dos gestores públicos quanto das contratadas. O TCU reconhece o uso de drones e do BIM como ferramentas essenciais para o planejamento e eficiência pública (Acórdão 28/2026-Plenário) e reforça que ignorar tecnologias precisas de medição pode ser considerado erro grosseiro de gestão (Acórdão 2675/2025).

Recentemente, o TCU reafirmou a vedação ao aditamento acima de 25% para contratos de supervisão de obras públicos, exigindo planejamento prévio para nova contratação quando o esgotamento dos limites legais for previsível (Acórdão 2391/2025).

No âmbito das obras privadas, o foco recai sobre a Teoria da Onerosidade Excessiva, fundamentada nos artigos 317 e 478 do Código Civil. A autonomia da vontade e as cláusulas de hardship oferecem maior flexibilidade para renegociações de escopo e preço, mas são sempre mediadas pelo princípio da boa-fé objetiva.

Um conceito fundamental aplicado às obras privadas na gestão proativa é o "Dever de Mitigar o Próprio Prejuízo" (Duty to Mitigate the Loss). A contratada tem o dever ético e jurídico de tomar medidas razoáveis para reduzir o impacto de imprevistos; a omissão ou negligência nesta mitigação pode levar à glosa (rejeição) de parte do pleito de ressarcimento. Além disso, o artigo 399 do Código Civil estabelece que o devedor em mora responde pelo caso fortuito ocorrido durante o atraso, o que exige que a gestão proativa comprove que a contratada não estava em atraso injustificado no momento do evento impactante.

Aspecto	Obras Públicas (Lei 14.133)	Obras Privadas (Código Civil)
Base Legal Principal	Lei 14.133/2021 e Constituição Federal	Código Civil (Arts. 317, 422,478)
Alocação de Risco	Matriz de Riscos contratual obrigatória	Autonomia da vontade e Matriz Privada
Princípio Norteador	Supremacia do Interesse Público e Legalidade	Autonomia da Vontade e Boa-fé Objetiva
Prova Exigida	Diário de Obra, Laudos e Notas Oficiais	Registros de campo e conduta diligente
Regime de Execução	Preço Unitário, Global, Integral E Integrada	Turnkey, EPC, Aliança,PGM/PMG

GESTÃO EM OBRAS LINEARES E NÃO LINEARES: GEOMETRIAS DE RISCO

A natureza física e a geometria da obra impõem desafios distintos de gestão, exigindo o uso de tecnologias específicas para a preservação de direitos e a produção de provas técnicas irrefutáveis.

Obras lineares como rodovias, ferrovias, minerodutos e linhas de transmissão caracterizam-se pela vasta dispersão geográfica das frentes de serviço e pela dependência extrema de fatores externos distribuídos ao longo de centenas de quilômetros. Nestes projetos, a reatividade é particularmente nociva, pois falhas pontuais em um trecho podem comprometer a logística e o cronograma de todo o empreendimento.

Os riscos predominantes incluem a liberação fundiária, o licenciamento ambiental fragmentado e a alta variabilidade geológica do solo ao longo do traçado. O clima é frequentemente o maior inimigo da produtividade em obras de terraplenagem linear. A gestão proativa deve considerar o "Fator de Retomada": o tempo necessário para que o solo saturado após chuvas intensas restabeleça sua umidade ótima para compactação. Em termos práticos, para cada dia de chuva intensa, podem-se perder até dois dias adicionais de trabalho devido à necessidade de secagem do material.

Tecnologias cruciais para a gestão proativa em obras lineares incluem:

- **Sistemas de Informações Geográficas (GIS):** Essenciais para integrar a gestão fundiária ao cronograma contratual, permitindo a criação de um "semáforo fundiário" que monitora visualmente a liberação de áreas para evitar pleitos de improdutividade por falta de acesso à frente de serviço.
- **Monitoramento via Satélite e InSAR:** Permitem o acompanhamento histórico e macroscópico de grandes extensões territoriais. A Interferometria por Radar de Abertura Sintética (InSAR) identifica deformações milimétricas acumuladas ao longo do tempo, auxiliando na estabilidade de taludes.
- **Análise Preditiva e IA:** Utilizadas para prever atrasos por condições climáticas com semanas de antecedência, permitindo o acionamento de frentes alternativas ou fornecedores antes que a obra paralise.

Obras não lineares como edificações verticais, plantas industriais, usinas e terminais portuários concentram-se em áreas geograficamente limitadas, mas possuem uma altíssima densidade técnica e complexidade de interferências entre múltiplos sistemas (civil, elétrico, mecânico, automação). O foco da gestão proativa nestes projetos é a coordenação de disciplinas e a prevenção de retrabalhos caros.

Tecnologias centrais para a gestão proativa em obras não lineares incluem:

- **Building Information Modeling (BIM):** O BIM deixa de ser apenas uma ferramenta de projeto para se tornar o repositório central das obrigações contratuais. Com as dimensões 4D (Tempo) e 5D (Custo), o gestor realiza simulações de planejado vs. executado, identificando conflitos de projeto (*clashes*) antes que estes cheguem à obra.
- **Drones e Sensores LIDAR:** Em canteiros concentrados, drones com LIDAR permitem o levantamento de topografia e a medição de volumes de terraplenagem com precisão centimétrica. Isso elimina disputas por quantitativos — o chamado "jogo de planilha" — e serve como um diário de obra visual irrefutável.

Atributo do RDO	Obras Lineares (Horizontais) Obras	Não Lineares (Verticais/Industriais)
Organização	Por Trechos, PKs ou Frentes Geográficas	Por Disciplinas, Pavimentos ou Áreas Técnicas
Foco de Produtividade	Rendimento linear (m/dia, km/mês)	Rendimento por volume ou unidade técnica
Principal Variável	Clima e Geologia de solo	Interferências de projeto e coordenação de subs
Tecnologia Dominante	Satélite, GIS e GPS RTK	BIM 4D/5D e Sensores LIDAR
Elemento Crítico	Fator de Retomada e Logística De Trechos	Controle de <i>Clashes</i> e Qualidade de Interfaces

GESTÃO PARA OBRAS GRANDES E PEQUENAS: ESCALA E INOVAÇÃO

A complexidade da gestão contratual não é exclusiva de grandes projetos, embora a escala e os recursos disponíveis variem significativamente entre megaprojetos de infraestrutura e obras de varejo ou residenciais.

Em megaprojetos, a escala exige equipes multidisciplinares e modelos contratuais que promovam a alocação de risco eficiente, como o EPC (*Engineering, Procurement and Construction*), onde a contratada assume a responsabilidade única pelo empreendimento. A gestão proativa nestes casos deve ser vigilante quanto à acumulação de multas moratórias (*Delay Liquidated Damages*) e de performance, frequentemente limitadas a um teto (*Cap*) entre 10% e 20% do valor contratual. O uso de *Dispute Boards* permanentes é essencial para evitar que divergências técnicas paralise o fluxo de caixa.

Em obras menores, os problemas mais recorrentes estão ligados a falhas de concepção e de projeto inicial. A gestão proativa nestas obras deve focar na integração estreita entre os agentes envolvidos para lidar com a natureza dinâmica e mutável desses projetos. Atualmente, a tecnologia BIM e o uso de drones têm se democratizado, tornando-se ferramentas de baixo custo e alto benefício para monitorar reformas e construções residenciais, reduzindo em até 38% o tempo gasto em inspeções presenciais através de visão computacional.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E ENGENHARIA FORENSE DIGITAL NO CANTEIRO DE OBRAS

A convergência digital é o novo paradigma da segurança jurídica em obras de alta performance,

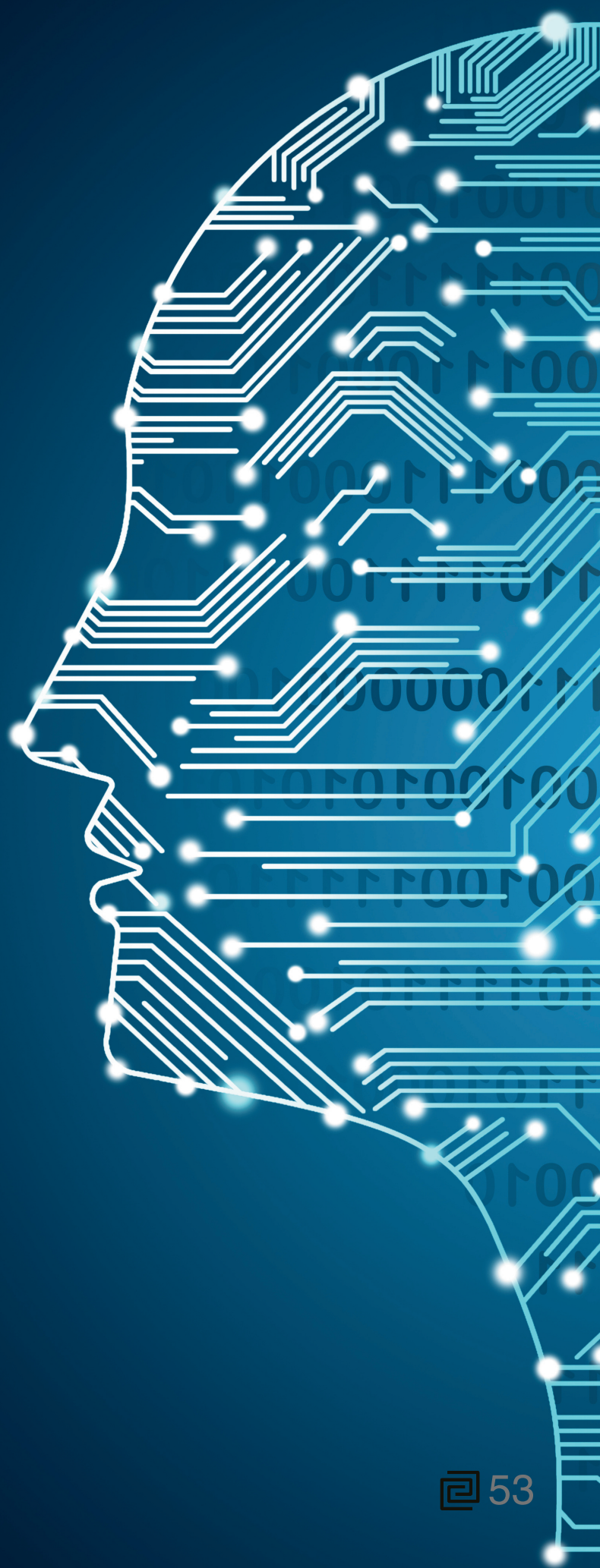
transformando a intuição do engenheiro em prova técnica irrefutável. A integração de tecnologias de ponta — incluindo BIM, Drones e Monitoramento via Satélite — é fundamental para a produção de provas, acompanhamento de obras e mitigação de riscos.

Inteligência Artificial e Previsibilidade Financeira

A aplicação de IA nos canteiros auxilia na prevenção de acidentes através de visão computacional, identificando comportamentos de risco em tempo real. Além da segurança, algoritmos de IA cruzam dados de contratos, medições e cronogramas para detectar inconsistências e prever riscos financeiros antes que se concretizem. A IA generativa está sendo usada para simular múltiplos cenários de cronograma, otimizando o uso de recursos naturais e financeiros. No contexto do RDO proativo, a IA analisa fotos georreferenciadas e nuvens de pontos de drones para validar o avanço físico real com precisão superior a 99%, eliminando a subjetividade humana.

A utilização de drones com tecnologia LIDAR e fotogrametria substitui o levantamento visual subjetivo pela precisão centimétrica. Para que estes dados tenham validade jurídica, a operação deve seguir rigorosos protocolos de compliance, incluindo registros na ANAC, DECEA e Ministério da Defesa. O uso desta tecnologia elimina o "jogo de planilha" ao gerar nuvens de pontos tridimensionais que calculam volumes exatos de movimentação de terra. O TCU reconhece que ignorar essas tecnologias pode configurar erro grosseiro de gestão em fiscalizações públicas.

A validade jurídica dos dados digitais coletados em campo depende da garantia da cadeia de custódia. Tecnologias como o Blockchain são utilizadas para registrar o *hash* de arquivos de medição e relatórios diários, garantindo imutabilidade e prova de existência com data certa. Isso impede a adulteração de provas e assegura que os registros de progresso da obra sejam aceitos sem contestação em tribunais e câmaras arbitrais. O uso de *carimbos de tempo* (timestamps) validados em rede descentralizada assegura que a informação não foi alterada retroativamente para favorecer uma das partes.



ESTRATÉGIAS PARA PREVENÇÃO DE LITÍGIOS E MELHORES PRÁTICAS DE NEGOCIAÇÃO

A gestão proativa de claims não deve ser vista como um ato de hostilidade, mas como um mecanismo técnico de reequilíbrio contratual estruturado para manter a saúde financeira do empreendimento.

O Relatório Diário de Obra (RDO) como Prova Rainha

O documento mais crucial de qualquer empreendimento é o Relatório Diário de Obra (RDO). Ele fornece um instantâneo diário da realidade do projeto, registrando efetivo de pessoal, equipamentos em operação, condições climáticas, frentes ativas e ocorrências extraordinárias. A força probatória do RDO reside na sua bilateralidade: campos para os comentários da contratada e da fiscalização da contratante. Quando ambas as partes assinam o RDO sem ressalvas, os fatos ali narrados tornam-se incontroversos e superiores a qualquer depoimento testemunhal colhido anos depois.

A quantificação de perdas de produtividade decorrentes de chuvas ou interferências deve seguir o método Measured Mile (Milha Medida). Este método compara um período limpo da obra (não impactado) com o período impactado. A lógica elimina disputas sobre orçamentos originais, pois utiliza como base a produtividade que o próprio contratado provou ser capaz de atingir no canteiro em condições normais, chamada de Produtividade Natural.

O cálculo da Perda de Produtividade é fundamental para o reequilíbrio e pode ser expresso matematicamente pela comparação entre a produtividade atual (P_A) e a produtividade de referência da milha medida ($P_{\{MM\}}$):

Este valor, quando aplicado sobre as horas de mão de obra e equipamentos, quantifica com precisão o dano financeiro. É fundamental distinguir entre o Custo Horário Produtivo (CHP) e o Improdutivo (CHI); cobrar o CHP integral por equipamentos parados por chuva configura enriquecimento sem causa.

Para projetos de alta performance, o uso de *Dispute Boards* (Comitês de Resolução de Disputas) é preferível à arbitragem reativa. Formados por especialistas independentes que acompanham a obra desde o início, esses comitês decidem controvérsias no momento em que surgem. No modelo *Dispute Adjudication Board* (DAB), as decisões são vinculantes e devem ser cumpridas imediatamente sob a diretriz "pay now, argue later", o que preserva o fluxo de caixa do projeto e evita paralisações catastróficas.

AVALIAÇÃO DA GESTÃO PROATIVA EM DIFERENTES MODELOS CONTRATUAIS

A escolha da tipologia contratual define a alocação de riscos entre as partes e dita a intensidade da gestão proativa necessária para cada cenário, sendo o RDO a ferramenta de controle transversal.

Neste regime, o contratante reembolsa a contratada por todos os custos diretos e paga uma taxa de administração fixa ou percentual. Oferece flexibilidade total para obras com escopo mutável.

- **Gestão Proativa:** Focada na transparência absoluta e auditorias constantes sob o regime de livro aberto (open book).
- **Uso do RDO:** Vital para validar as horas de mão de obra e equipamentos efetivamente mobilizados, servindo como base principal para o reembolso de custos e evitando o superfaturamento por ociosidade.

Empreitada por Preço Unitário

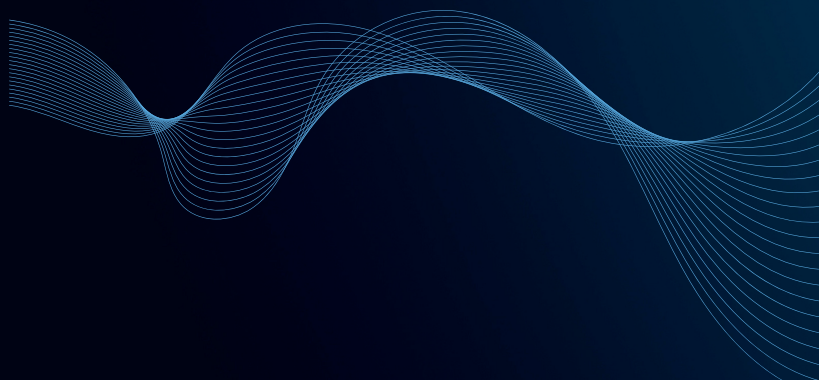
A remuneração baseia-se nas unidades de serviço efetivamente executadas, sendo indicado para obras com risco geológico elevado. O risco de volume é do contratante.

- **Gestão Proativa:** Exige rigor extremo nas medições e fiscalização constante para evitar o jogo de planilha.
- **Uso do RDO:** Deve detalhar diariamente as frentes de serviço e quantitativos aproximados, facilitando a conciliação mensal de medições e o controle de variações geológicas em tempo real.

Empreitada por Preço Global (Lump Sum)

A obra é contratada por um preço certo e total, com o risco de variação de quantitativos transferido para a contratada.

- **Gestão Proativa:** Focada na análise de riscos de projeto e na auditoria da *Constructability Jurídica* antes da assinatura.
- **Uso do RDO:** Serve para comprovar o nexo causal de atrasos imputáveis à contratante que impeçam o fluxo normal da obra, sendo a base para pleitos de reequilíbrio por quebra das premissas de projeto.



CONTRATO DE PREÇO GLOBAL MÁXIMO (PGM/PMG)

O PGM é uma modalidade híbrida que combina a segurança do preço global com a transparência da administração sob regime de open book. O motor é a cláusula de Gain Share: a economia gerada é dividida entre as partes.

- Gestão Proativa: Incentiva fortemente a busca por métodos executivos mais eficientes.
- Uso do RDO: Atua como o monitor das reservas de contingência, registrando eventos que poderiam consumir a margem e permitindo ações corretivas imediatas para preservar os savings a serem divididos.

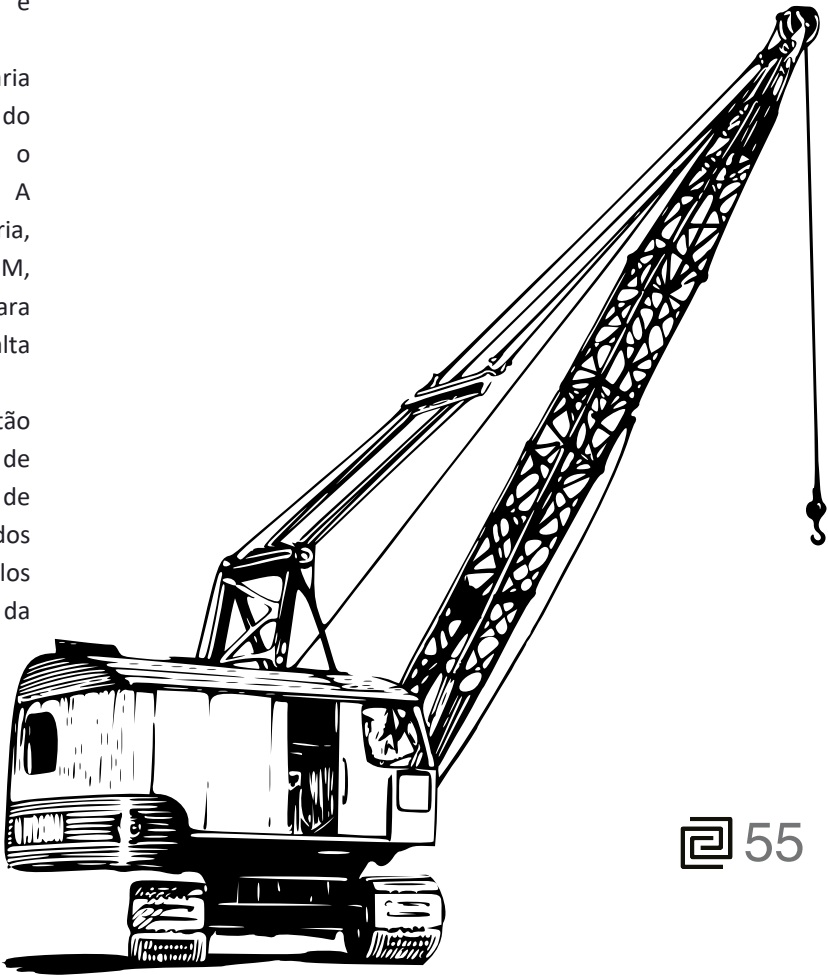
Característica	Contrato	por	Preço Unitário	Preço Global	Preço Global
	Administração				Máximo (PGM)
Risco de	Contratante		Contratante	Contratada	Contratada (até o teto)
Quantitativos					
Transparência	Total (Open Book)		Média (Medições)	Baixa (Preço Fixo)	Alta (Open Book)
Foco do RDO	Horas e Recursos		Quantitativos e PKs	Nexo Causal e Atrasos	Eficiência e Contingência
Incentivo à Eficiência	Baixo		Médio	Alto	Altíssimo (Gain Share)

Na engenharia contemporânea, o ativo mais valioso de um empreendimento deixou de ser apenas sua infraestrutura física. O verdadeiro diferencial competitivo passou a residir na capacidade da organização em transformar dados de campo em inteligência contratual, previsibilidade financeira e proteção jurídica em tempo real.

A gestão contratual contemporânea na engenharia legal exige uma mudança radical de postura: do advogado que meramente revisa palavras para o gestor que gerencia dados, riscos e pessoas. A integração entre o Direito e a Engenharia, potencializada pela revolução tecnológica do BIM, Drones, GIS e IA, oferece o único caminho viável para a preservação de valor em empreendimentos de alta complexidade.

A organização que dominar a ciência da gestão proativa garantirá não apenas a conclusão física de suas obras, mas a saúde financeira e a longevidade de seus negócios no competitivo mercado global. Dados são, de fato, o novo concreto, e saber gerenciá-los contratualmente é a nova e definitiva fronteira da engenharia de alta performance.

As diretrizes finais para o sucesso envolvem a formalização absoluta através do RDO bilateral contemporâneo, o investimento massivo em tecnologias de mitigação de risco e a gestão proativa de claims através de notificações tempestivas. O sucesso não reside mais no "combate ao fogo", mas na construção de um sistema resiliente que preveja a fálscia antes que o incêndio se inicie.



crea-pr.org.br



NOVIDADES QUE CHEGAM NA VELOCIDADE DO SEU WI-FI.

**Acompanhe as
novidades e
inovações do
Crea-PR em nossas
redes e sites .**

-  [linkedin.com/company/crea-pr](https://www.linkedin.com/company/crea-pr)
-  [facebook.com/creapr](https://www.facebook.com/creapr)
-  [instagram.com/crea.pr](https://www.instagram.com/crea.pr)
-  www.crea-pr.org.br
-  [youtube.com/creaparana](https://www.youtube.com/creaparana)
-  revista.crea-pr.org.br



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

Quem fiscaliza cuida.



Diogo Nagaroli é engenheiro civil, especialista em segurança contra incêndio, sócio e diretor de operações da Nagaroli Engenharia.

QUANDO A FACHADA VIRA COMBUSTÍVEL

A construção civil nunca inovou tanto. Sistemas industrializados, fachadas sofisticadas, materiais leves e soluções arquitetônicas de alto desempenho transformaram a forma de projetar e construir edifícios. A busca por eficiência energética, sustentabilidade e velocidade de execução trouxe avanços importantes para o setor. Mas também trouxe uma pergunta incômoda: estamos avaliando com o mesmo rigor os impactos dessas inovações sobre a segurança contra incêndio?

A resposta nem sempre é positiva. Nos últimos anos, a estética, a produtividade e os custos passaram a exercer forte influência sobre a escolha dos materiais. Em muitos empreendimentos, o desempenho ao fogo ainda é tratado como uma exigência documental ou uma etapa final de aprovação, quando deveria estar presente desde as primeiras decisões de projeto.

O incêndio da Grenfell Tower, em Londres, em 2017, tornou-se um marco mundial justamente por expor as consequências dessa lógica. O fogo, que inicialmente estava restrito a um apartamento, encontrou na fachada um caminho para se espalhar rapidamente por todo o edifício. O episódio levou diversos países a rever normas, procedimentos de ensaio e critérios de especificação de materiais.

Seria um erro acreditar que esse tipo de problema pertence apenas à realidade europeia. No Brasil, observa-se o crescimento acelerado do uso de fachadas ventiladas, painéis compostos, isolamentos térmicos e revestimentos sintéticos. São tecnologias que oferecem vantagens legítimas, mas cujo comportamento diante do fogo nem sempre recebe a atenção necessária.

Em alguns casos, materiais com excelente desempenho térmico ou estético apresentam desempenho insatisfatório em situações de incêndio.

O debate sobre os painéis de ACM é um exemplo emblemático. Dependendo da composição do núcleo interno, esses sistemas podem apresentar comportamentos completamente distintos diante das chamas. No entanto, ainda é comum encontrar especificações que priorizam preço, aparência ou facilidade de instalação sem uma análise aprofundada dos requisitos de segurança contra incêndio.

O problema não está na tecnologia. Está na forma como ela é escolhida. Uma fachada não pode ser vista apenas como um elemento de linguagem arquitetônica ou proteção climática. Ela integra o sistema de segurança passiva da edificação. Dependendo da solução adotada, pode impedir a propagação do fogo ou transformá-la em uma verdadeira rota vertical de chamas.

Essa questão afeta diretamente um dos pilares da segurança contra incêndio: a compartimentação. Quando o fogo encontra um caminho externo pela fachada, pode ultrapassar barreiras internas projetadas justamente para conter sua propagação. Em poucos minutos, pavimentos que deveriam permanecer protegidos tornam-se vulneráveis.

A preocupação não se limita às áreas externas. Os ambientes internos também estão cada vez mais repletos de materiais capazes de alterar significativamente a dinâmica de um incêndio. Painéis decorativos, forros acústicos, divisórias leves,

revestimentos sintéticos e pisos vinílicos podem aumentar a velocidade de propagação das chamas e, principalmente, da fumaça. E é justamente a fumaça que costuma matar mais do que o fogo.

A redução da visibilidade, a presença de gases tóxicos e o aumento da temperatura comprometem a evacuação dos ocupantes muito antes que as chamas atinjam determinadas áreas. Ainda assim, a discussão sobre segurança contra incêndio frequentemente permanece concentrada na resistência estrutural ou nos sistemas de combate, enquanto o comportamento dos materiais recebe atenção secundária. Esse é um equívoco que precisa ser revisto.

A evolução dos materiais construtivos exige também uma evolução na cultura técnica do setor. Não basta verificar desempenho térmico, acústico, ambiental ou econômico. É necessário compreender como cada material reage ao fogo, qual a sua contribuição para a propagação das chamas e qual impacto terá sobre a segurança dos ocupantes.

Isso exige uma atuação integrada entre projetistas, fabricantes, construtores, instaladores e órgãos de fiscalização. Também exige uma postura mais crítica dos profissionais responsáveis pela especificação.

Ao mesmo tempo em que nunca valorizamos tanto a sustentabilidade, a industrialização e a liberdade formal da arquitetura, é fundamental lembrar que o primeiro requisito de qualquer edificação continua sendo a proteção da vida. A tecnologia amplia possibilidades, mas não elimina responsabilidades.

A segurança contra incêndio não começa quando o incêndio acontece. Ela começa muito antes, na escolha dos materiais que irão compor cada metro quadrado da edificação.



SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA COMO MODALIDADE DE MITIGAÇÃO AMBIENTAL E ATRIBUTOS DO SOLO

Lucas P. Scheidt Feltz (Eng. Agrônomo – Mestrando UFPR)
Marina Couto (Eng. Agrônoma)
Milenia Santos de Oliveira (Acadêmica de Agronomia)

A organização das nações unidas (ONU), é responsável por definir as metas globais com o propósito de garantir um futuro sustentável para a sociedade. Como meta até 2030 evidenciam-se aqueles que estão ligados a progressão da agricultura sustentável e da segurança alimentar, esses fatores são indispensáveis para amenizar a fome e a pobreza mundial (Bernardes; Bezerra, 2024). Diante disso, os sistemas integrados de produção agropecuária podem contribuir para a produção sustentável, pois integram diversas atividades em uma mesma área, adotando sistemas consorciados, em sucessão ou rotação de culturas, alcança-se maior adequação ambiental das práticas agrícolas e da unidade produtiva (Sene; Bacha, 2023). Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA), são responsáveis pela promoção de amplos benefícios ao solo, plantas e os animais, devido à interação positiva entre seus componentes (Bonini et al., 2016). São estruturados pela combinação de diferentes ciclos de agricultura com ciclos de pecuária em sistema de rotação na mesma área (Alves et al., 2015). Na última década, os SIPA tem se tornado cada vez mais reconhecidos no Brasil por sua capacidade de promover sequestro de carbono, desse modo sendo adicionado a agenda da produção agrícola mitigadora dos gases de efeito estufa (Carvalho, P. C. de F. et al., 2014). Os resultados apresentados por (Portugal et al., 2023) evidenciam que os SIPA's quando bem manejados são uma alternativa de agricultura sustentável, aumentando a produção sem causar aumento nas emissões de GEE.

O SIPA envolve diversas modalidades de integração agrícola e pecuária, abrangendo a integração Lavoura-Pecuária (ILP), integração Pecuária-Floresta (IPF), integração Lavoura-Floresta (ILF) e integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Gontijo Neto et al., 2014). Os sistemas ILP e ILPF demonstram ser alternativas viáveis do ponto de vista econômico e atrativas ao produtor, promovendo uma agricultura sustentável frente ao aumento populacional e à demanda por conservação ambiental (Barbosa, F. A. et al., 2015).

Os sistemas de ILP e ILPF são considerados modelos de agricultura de baixo carbono, são responsáveis por desempenhar importante aumento no aumento da MOS (Falconeres Vogado et al., 2024). Os sistemas de integração também atuam de maneira significativa na matéria orgânica do solo (MOS), esses efeitos ocorrem principalmente em função do aumento da cobertura de palhada e da intensificação da ciclagem de nutrientes (Embrapa, 2021). De acordo com (Bernardi, 2023), os sistemas ILP e ILPF proporcionam um maior aumento da produção da biomassa quando comparado com os sistemas extensivos e manejo não conservacionista de área de pastagens.

Os sistemas ILPF têm recebido apoio de políticas públicas como exemplo o Plano ABC+ (Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária) durante o período de 2020 até 2030 (Brasil, 2021). Uma das formas para reduzir a pegada de carbono dos produtos de origem animal, é através das remoções dos gases do efeito estufa (GEE), abrangendo o sequestro de carbono, que pode acontecer em solos bem manejados, em troncos e raízes do componente arbóreo do ILPF (Pellegrino, G. Q. et al., 2025). Ademais, o ILPF adota fundamentos para a conservação do solo adotando princípios de conservação, assemelhando-se ao ecossistema natural, melhorando a sinergia do solo, planta e animal (Oliveira, J. de M. et al., 2018).

Na COP 30 realizada no Brasil em 2025 a Embrapa divulgou protocolo onde coloca a pecuária brasileira no centro das estratégias de mitigação climática. Este protocolo engloba um conjunto de práticas e processos diversos como formação e manejo sustentável das pastagens, recuperação de pastagens degradadas, uso do ILP, dieta animal com uso de bioinsumos e modificadores ruminais para mais eficiência no processo da digestão, diminuindo-se a emissão de metano, redução do ciclo da produção, por meio da genética e da nutrição animal e melhoramento do sistema produtivo (Oliveira, L. O. F. de et al., 2025).



As pastagens com gramíneas possuem uma alta capacidade de fixação de carbono, tanto nas pastagens quanto ao solo (Oliveira, L. O. F. de et al., 2025). Conforme (Oliveira, P. P. A. et al., 2022) o sequestro de carbono nos solos com pastagens em sistema intensivo acumulou valores de 1,92 e 1,80 t CO₂ eq/ha.ano com alta e média lotação.

A deposição da biomassa das árvores e a presença das gramíneas, representam um importante mecanismo de ciclagem de nutrientes (Assis et al., 2019). Segundo (Loss et al., 2014) por conta do grande acúmulo de resíduos presente na área, renovação do componente arbóreo e a presença de pastagens, tem demonstrado aumento significativo nos teores de carbono presente no solo, assim como melhoria na porosidade e nos agregados do solo. Nos povoamentos florestais, a ciclagem de nutrientes ocorre por meio da absorção de elementos pelas plantas, seguida do seu retorno ao solo através da deposição de serapilheira e posterior decomposição, resultando na incorporação desses nutrientes à matéria orgânica do solo (Sena et al., 2025).

O eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) tem se destacado como componente arbóreo nos sistemas de ILPF (Ferreira et al., 2019). A presença do eucalipto em áreas de ILPF tem demonstrado eficiência no aumento dos estoques de carbono e nitrogênio presentes no solo e com isso a MOS também sofre alteração na sua qualidade (Pegoraro et al., 2011). O aumento nos estoques de carbono, pode estar relacionado com a deposição da serapilheira do eucalipto sobre o solo juntamente com o sistema radicular da pastagem o qual proporciona uma ciclagem rápida dos nutrientes (Pulrolnik, 2009). Os maiores estoques de C são encontrados nas linhas de plantio do sistema arbóreo quando comparado as entrelinhas (de Abreu et al., 2020). De acordo com (Barbosa, V. et al., 2017) o acúmulo de biomassa presente na serapilheira do acumulada em florestas de eucalipto é de 13,1 Mg ha⁻¹, sendo 5,6 Mg ha⁻¹ de estoque de carbono e 0,08 Mg ha⁻¹ de estoque de nitrogênio.

Os sistemas integrados contribuem para a adequada distribuição e o armazenamento de água e ar no solo, apresentando maiores valores de condutividade hidráulica saturada, a apresenta do sistema ILPF apresenta valores mais elevados de macroporosidade do solo em relação a outros sistemas de uso e manejo (Romanoski et al., 2025).

Em sistemas florestais e em ILPF os valores de densidade tendem a ser mais baixos quando comparados com outras formas de cultivo (Farias et al., 2025).

De acordo com (Lal, 1991) a adoção dos SIPA auxilia na manutenção e no aprimoramento da fertilidade do solo, melhorando a ciclagem de nutrientes. Essa prática proporciona o incremento dos teores da matéria orgânica do solo (MOS) e aumentam os índices de carbono orgânico e nitrogênio (Loss et al., 2011). A matéria orgânica surge a partir da transformação do dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera através do processo de fotossíntese, que é o responsável pela formação da maior parte da biomassa (Santos, J. B. D., 2006). A matéria orgânica é estruturada por cerca de 58% de carbono (C) e 4% de nitrogênio (N), os quais desempenham papel crucial na manutenção da qualidade do solo e de suas funções ecológicas (Bayer; Mielniczuk, 2008). E a presença de matéria orgânica no solo serve como um indicador da qualidade (Bigatão; Tomazini; Salton, 2021).

A influência da MOS nos estoques de C é significativo, pois atua como uma reserva estável de carbono orgânico, contribuindo para a fertilidade do solo e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (COSTA et al., 2008). A quantidade de C armazenada na forma de MOS corresponde a três vezes a soma da quantidade armazenada na atmosfera e na vegetação terrestre (Scharlemann et al., 2014), sendo portanto um grande reservatório importante para o equilíbrio da emissão dos gases de efeito estufa, funcionando como um reservatório de armazenamento e sequestro de carbono. O acúmulo de C no solo se baseia em mecanismos de estabilização e com isso é levado em conta a interação do material orgânico com minerais do solo e sua proteção pelo efeito de agregação (Alves, B. J. R. et al., 2008). Cerca de 50% do estoque de carbono encontrados na camada de 1 metro de profundidade estão concentrados nos primeiros 30 cm a partir da superfície do solo (Pellegrino, et al., 2025). Quando o solo é utilizado de maneira sustentável o potencial de sequestro de carbono do solo se torna mais elevado do que em sistemas de monocultura, pois a integração de plantas promove o aumento da capacidade de fotossíntese e na produção de um sistema radicular mais bem desenvolvido (Frazão et al., 2023).

A decomposição de resíduos vegetais e animais, conduzida por microrganismos, envolve a oxidação do carbono orgânico. Quando essa oxidação é completa, ocorre a mineralização, com liberação de CO_2 . Parte do carbono, porém, é incorporada aos microrganismos e transformada em compostos que integram a matéria orgânica do solo (MOS), por processos bióticos e abióticos. A MOS forma-se tanto a partir da fração particulada dos resíduos quanto do processo de humificação (Dick; Hanke, 2023). O carbono pirogênico, proveniente da queima da biomassa, também contribui para a MOS, aumentando, por exemplo, seu caráter aromático. O estoque de MOS cresce quando a humificação supera a mineralização, mas diminui quando ocorre o contrário. O equilíbrio se estabelece quando ambas as taxas se equivalem, desde que haja aporte contínuo de resíduos. Além de formar a MOS, a decomposição libera nutrientes como N, P, S e micronutrientes, disponibilizando-os às plantas (Dick; Hanke, 2023).

O nitrogênio assim como o carbono possui uma grande relevância na MOS, apresentando uma dinâmica profunda no sistema, cerca de 90% do N é encontrado na fração orgânica sofrendo lentas transformações para ser disponível como forma nítrica e amoniacal (NO_3^- e NH_4^+) (d'Andréa et al., 2004). Áreas com presença de pastagens, a forma amoniacal tende a ser predominante devido à liberação, pelas raízes das gramíneas, de compostos que inibem o processo de nitrificação, além da ocorrência, com frequência, de valores de pH mais baixos, os quais também desfavorecem a nitrificação (Moreira; Siqueira, 2006). Nas camadas mais profundas do solo, a mineralização de C é limitada pela oferta simultânea de N e P (Peixoto et al., 2021). A reduzida disponibilidade de nitrogênio no solo pode limitar a atividade microbiana, tornando N e P fatores limitantes na formação de carbono mineralizado (Bhople et al., 2025).



SMART OEC

UMA ARQUITETURA DE ORQUESTRAÇÃO COGNITIVA PARA ANÁLISE DOCUMENTAL NA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO

*Daniel Lepikson e
Adhemar Travassos*



A indústria de Engenharia e Construção é caracterizada por um ecossistema de informações denso e complexo. Cada projeto gera um volume massivo de documentos — contratos, especificações técnicas, relatórios diários de obra (RDOs), propostas, aditivos e normas regulatórias. A gestão manual ou semi- automatizada desse acervo é um desafio considerável, com potencial de resultar em ineficiências, aumento de riscos contratuais e perda de conhecimento estratégico.

Neste contexto, a Inteligência Artificial Generativa surge como uma alternativa promissora de transformação. Contudo, a aplicação de modelos de linguagem de grande escala (LLMs) genéricos frequentemente falha em atender de às exigências de rigor técnico, precisão numérica e segurança exigidos por este setor.

Este artigo apresenta o protótipo de uma plataforma de IA referido internamente como Smart OEC. Trata-se de um sistema de análise documental avançada desenvolvido pela Odebrecht para superar as limitações mencionadas.

Ao invés de se aplicar um simples invólucro sobre uma API de LLM, o Smart_OEC implementa uma arquitetura de Orquestrador Cognitivo, projetada especificamente para o domínio da Engenharia, garantindo fidelidade factual, precisão analítica e eficiência operacional.

O DESAFIO SETORIAL E UM BREVE HISTÓRICO DA IA NA ODEBRECHT

Tradicionalmente, a gestão da informação em grandes projetos de infraestrutura dependia de arquivamento físico e, mais recentemente, de sistemas de gestão eletrônica de documentos (GED). Embora esses sistemas tenham melhorado o acesso, eles não solucionaram o problema fundamental: a extração de inteligência e insights dos documentos de forma escalável.

Profissionais de engenharia, direito e administração contratual ainda despendem milhares de horas na leitura e interpretação de textos. Com o advento dos LLMs, surgiu uma oportunidade promissora para automatizar essa interpretação.

A evolução da análise documental na construção civil partiu, portanto, da revisão manual, passando por sistemas de busca por palavras-chave, até se chegar à primeira onda de IA generativa. Esta última, embora revolucionária, expôs vulnerabilidades críticas quando aplicada a cenários de alto risco, tais como:

- **“Alucinações”:** A tendência dos modelos de linguagem (LLM) de gerar informações factualmente incorretas, mas plausíveis, é inaceitável ao se analisar cláusulas contratuais ou especificações técnicas;
- **Imprecisão Numérica:** LLMs são modelos probabilísticos de texto, não calculadoras. Erros em cálculos de quantitativos ou análises financeiras podem ter consequências graves;
- **Falta de contexto de Domínio:** Modelos genéricos carecem do conhecimento especializado para interpretar jargões técnicos e nuances contratuais específicas da indústria. O projeto de desenvolvimento do Smart_OEC foi concebido para endereçar diretamente estes desafios, criando uma solução que combina a fluidez conversacional da IA com a robustez e a precisão exigidas pela engenharia.

Esta iniciativa nasceu na área corporativa de Inovação da Odebrecht, estabelecida em 2019, que desde o início constatou a importância e se dedicou a estudar o tema, ciente de seus impactos na produtividade e na própria sobrevivência do negócio. O primeiro produto desenvolvido nesta linha foi uma ferramenta de classificação de trabalhos do acervo técnico da empresa (com cerca de 7000 artigos), utilizando-se uma plataforma de código aberto e livre para a integração de dados, processamento, análise e exploração. Uma vez vencido este desafio, a equipe de inovação se dedicou ao estudo de possíveis automações via IA na área de administração contratual, realizando estudos em parceria com startups especializadas na área de Data Science e Machine Learning.

Cientes da importância do domínio desta tecnologia, que se tornou mais e mais acessível como o avanço das ferramentas disponíveis e a competição comercial entre os grandes “players” do mercado, iniciou-se um projeto de desenvolvimento interno com a realização de projetos-piloto para testes de validação e calibração de parâmetros que evoluiu para uma plataforma robusta e operacional – nascia assim o Smart_OEC

SISTEMA SMART OEC

O Smart_OEC não é um simples aplicativo sobre um LLM, mas um Orquestrador Cognitivo desenhado para garantir fidelidade e precisão.

Sua arquitetura é composta por módulos que endereçam os desafios críticos da IA generativa no ambiente corporativo. O Smart_OEC opera como um sistema integrado que gerencia o fluxo de informação desde o recebimento do documento até a entrega da resposta ao usuário. Sua arquitetura é fundamentada em três pilares principais, descritos sumariamente na sequência.

Pré-processamento inteligente e Capacidade multimodal

O sistema implementa uma camada robusta de ETL (*Extract, Transform, Load*) que prepara os dados antes da análise. Documentos, incluindo *scans* e imagens, passam por um processo de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) e extração de metadados, garantindo que o LLM receba informações limpas e estruturadas. Adicionalmente, sua capacidade multimodal permite o processamento nativo de *tokens* de vídeo, áudio e imagem, possibilitando a correlação entre um relatório textual e uma evidência fotográfica da obra, por exemplo.

Soluções de Engenharia para Desafios Críticos da IA

Para mitigar os riscos inerentes aos modelos de linguagem, o Smart_OEC implementa soluções sofisticadas:

Controle de Alucinação via RAG Dinâmico:

O sistema utiliza uma abordagem híbrida de Geração Aumentada por Recuperação (RAG - *Retrieval-Augmented Generation*). Para perguntas factuais sobre um documento, o sistema força a ancoragem (“*grounding*”) estritamente no texto-fonte. Quando o usuário busca conhecimento externo, o sistema detecta a intenção e ajusta dinamicamente seus hiperparâmetros (como “*temperatura*”) para permitir uma extrapolação controlada, mantendo a coerência lógica.

Precisão numérica com Chain-of-Thought e Function

Calling: Para evitar erros de cálculo, o modelo é instruído a utilizar a técnica de "Chain- of-Thought" (Cadeia de Pensamento), quebrando o raciocínio matemático passo a passo. Além disso, utiliza "Function Calling" para invocar de ferramentas externas (como uma calculadora ou um interpretador de código Python) para validar operações complexas antes de apresentar o resultado final.

Inovação: O Roteamento dinâmico de modelos (Model Routing)

Diferente de sistemas estáticos, o Smart_OEC possui uma "camada de decisão" que analisa a complexidade de cada pergunta em tempo real, a saber:

- **Análises Simples:** São direcionadas para modelos de IA mais leves e rápidos, otimizando latência e custo;
- **Análises Complexas:** Requerimentos que exigem raciocínio profundo são roteados para modelos mais poderosos, garantindo a densidade analítica necessária. Essa abordagem garante um equilíbrio ótimo entre performance, custo e qualidade da resposta, além de manter uma memória contextual que permite refinar as respostas ao longo de uma mesma sessão.

Principais Aplicações e Impactos na Indústria da Construção

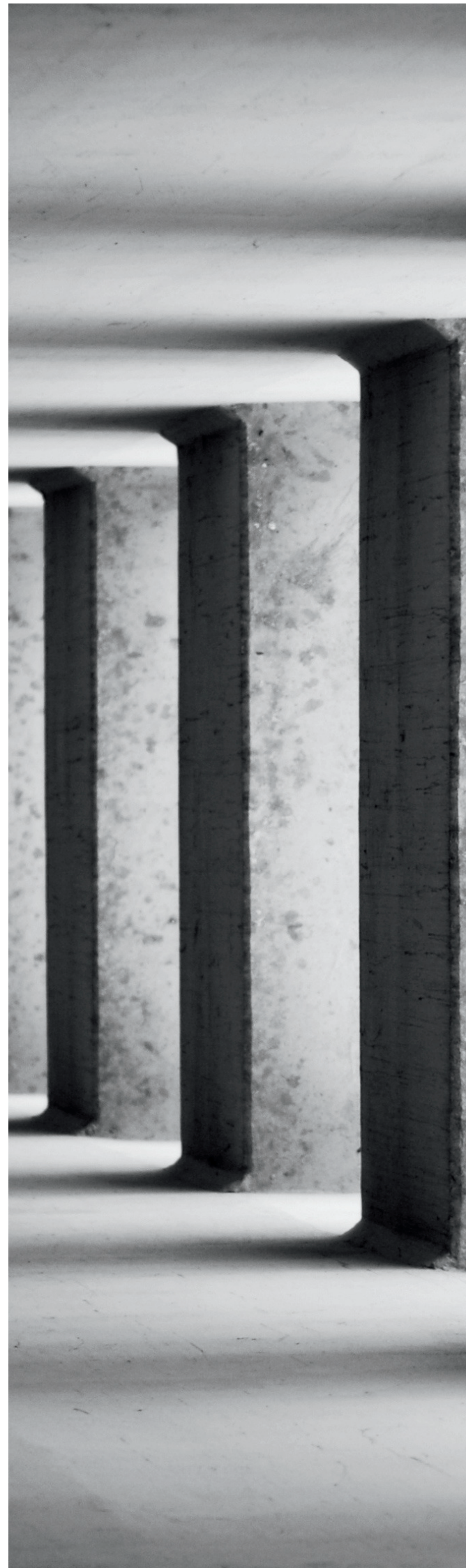
A aplicação do Smart_OEC reverbera por todo o ciclo de vida de um projeto, gerando ganhos de eficiência e mitigação de riscos em diversas áreas. Alguns exemplos de aplicações mais imediatas são apresentados a seguir:

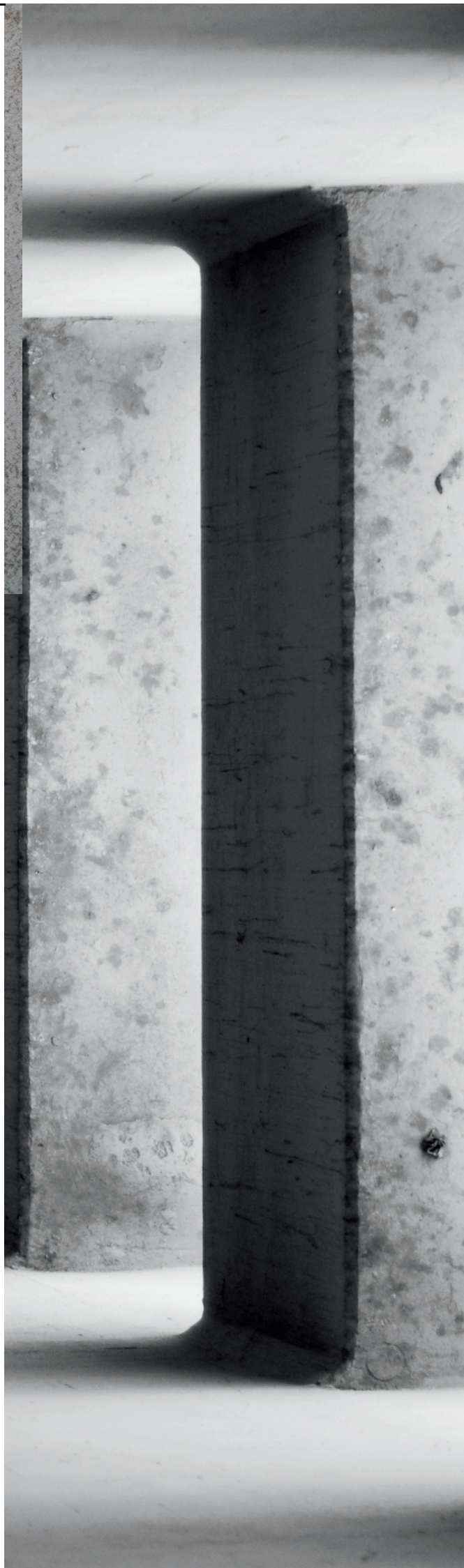
• **Propostas e Licitações:**

Análise acelerada de editais complexos, identificando automaticamente requisitos críticos, obrigações, riscos e potenciais inconsistências. Isso permite a elaboração de propostas mais competitivas e com menor margem de erro. *Principais ganhos:* Redução de semanas para dias no tempo de análise; aumento da assertividade da proposta.

• **Administração Contratual:**

Localização instantânea de cláusulas, prazos, multas e responsabilidades em contratos extensos e seus aditivos. O sistema pode comparar versões e destacar alterações, alertando sobre potenciais conflitos. *Principais ganhos:* Mitigação de riscos de litígios e perdas financeiras por descumprimento; agilidade na resolução de pleitos.





- **Engenharia e Planejamento:**

Extração e validação de dados quantitativos de especificações técnicas, memoriais descritivos e projetos. Capacidade de cruzar informações de um relatório de sondagem com as especificações de fundação, por exemplo. Principais ganhos: Redução de erros de interpretação técnica; garantia de consistência entre diferentes documentos de projeto.

- **Jurídico e Compliance:**

Auditoria rápida de documentos para garantir a conformidade com a legislação vigente e com as políticas internas da empresa. Identificação de cláusulas não-padrão ou de alto risco para revisão prioritária. Principais ganhos: Fortalecimento da governança corporativa; gestão proativa de riscos legais e regulatórios.

Aplicações na Odebrecht

Com o objetivo de testar o Smart_OEC e aprimorar o seu desenvolvimento, foram realizados projetos pilotos com equipes previamente selecionadas, envolvendo as áreas supracitadas. Os resultados foram muito satisfatórios. A bateria de testes realizados ao longo de um ano foi fundamental para ajustar alguns dos parâmetros mencionados no Item 3, e assim calibrar devidamente os modelos que definam a arquitetura do sistema.

A evolução desta iniciativa resultou no desenvolvimento de uma plataforma de IA de uso corporativo, hoje disponível a todos os integrantes.

O Smart OEC demonstrou ter atingido um nível de maturidade técnica que o posiciona como uma ferramenta de alto valor estratégico para a indústria de E&C. A combinação de pré-processamento robusto, ajuste fino de parâmetros e roteamento inteligente resulta em uma plataforma que oferece segurança técnica sem sacrificar a fluidez conversacional. É fundamental destacar que esta tecnologia não substitui a experiência e o julgamento crítico do engenheiro, do gestor de contratos ou do advogado. Pelo contrário, o Smart OEC atua como uma ferramenta de aumento de capacidade, automatizando o trabalho exaustivo e de baixo valor cognitivo de localizar e consolidar informações. Isso libera o profissional para focar em atividades estratégicas: a interpretação de nuances, a tomada de decisão complexa, a negociação e a inovação.

Para o futuro, espera-se que o uso de IA Generativa na construção evolua para integrações ainda mais profundas, tais como:

Conexão com Modelos BIM (Building Information Modeling): Permitindo que a IA compreenda o contexto espacial e geométrico de um projeto, respondendo a perguntas como "Quais especificações técnicas se aplicam a esta viga no 3º andar?".

Análise Preditiva: Utilização de dados históricos de múltiplos projetos para prever riscos de custo, prazo e qualidade em novos empreendimentos.

Automação de Comunicações: Geração de rascunhos de relatórios, notificações contratuais e correspondências técnicas com base nos dados do projeto, acelerando a comunicação entre as partes interessadas.

A IA poderá, por exemplo, analisar proativamente relatórios diários e fotos de canteiros para prever desvios de cronograma ou riscos de segurança, transformando a gestão de projetos de reativa para preditiva. O Smart OEC representa um passo importante nessa jornada.

A OEC, ao investir em tecnologias como o Smart_OEC, não está apenas otimizando suas operações internas, mas também contribuindo para a pavimentação do futuro digital e orientado a dados do setor de Engenharia e Construção.

A IA poderá, por exemplo, analisar proativamente relatórios diários e fotos de canteiros para prever desvios de cronograma ou riscos de segurança, transformando a gestão de projetos de reativa para preditiva. O Smart OEC representa um passo importante nessa jornada.



ENGENHARIA DE VALOR EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

Juliano Marques, Vinicius Rosa, Wagner Viana

O CASE DO TÚNEL LUIZ BOM COM CONCRETO REFORÇADO POR MACROFIBRAS SINTÉTICAS

A crescente complexidade dos projetos de infraestrutura em centros urbanos densos impõe uma busca incessante por soluções que transcendam as práticas construtivas tradicionais. No Rio de Janeiro, o Anel Viário de Campo Grande foi concebido para atender a uma população de mais de 352 mil habitantes, enfrentando desafios como o intenso fluxo veicular e a necessidade de execução em prazos exíguos para minimizar o impacto na mobilidade.

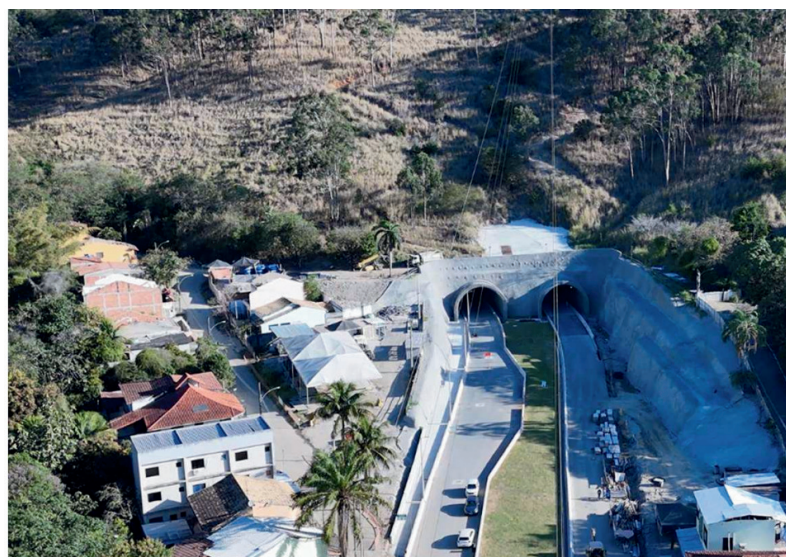
O Túnel Luiz Bom, um componente nevrálgico desta obra, exigia uma solução de pavimentação que aliasse robustez estrutural, alta durabilidade e velocidade de execução. O ambiente confinado e úmido do túnel adicionava uma camada de complexidade, tornando a durabilidade e a resistência à corrosão fatores críticos de projeto.

Foi nesse cenário desafiador que a engenharia de valor se apresentou não como uma opção, mas como uma necessidade, catalisando a migração de um conceito consagrado para uma tecnologia inovadora.

O projeto básico do pavimento do Túnel Luiz Bom, dimensionado segundo o método PCA/84 para um horizonte de 20 anos, previa uma solução convencional de concreto armado, composta por:

- **Geometria:** Placas de concreto com 25 cm de espessura;
- **Armadura Estrutural:** Utilização de tela metálica posicionada na fibra superior das placas para controle de fissuração e garantia da capacidade estrutural;
- **Transferência de Carga:** Instalação de barras de transferência em aço com 32 mm de diâmetro nas juntas transversais.

Embora funcional, essa abordagem trazia consigo ineficiências operacionais e riscos intrínsecos. O processo de armação envolvia uma logística complexa (compra, transporte, corte e armazenamento do aço) e uma execução intensiva em mão de obra para posicionamento e amarração das telas.



ALÉM DISSO,

a precisão no posicionamento da armadura é um ponto crítico de qualidade, cujo desvio pode resultar no afloramento do aço e, conseqüentemente, em corrosão precoce – uma patologia que comprometeria drasticamente a vida útil do pavimento, especialmente no ambiente agressivo do túnel.

Como alternativa, a equipe técnica propôs uma solução disruptiva: a substituição integral da armadura em tela metálica por concreto reforçado com macrofibras sintéticas de polipropileno. A premissa era criar um material compósito com desempenho mecânico equivalente, simplificando o processo e agregando valor ao projeto.

A implementação seguiu um roteiro técnico rigoroso, resumido na seqüência.

Engenharia de Valor e Critérios de Desempenho: A análise técnica, amparada por normas como a ABNT NBR 16935 (Ref. [1]) e a ACI 544.4R 18 (Ref. [4]), demonstrou ser possível reduzir a espessura da placa para 20 cm sem perda de capacidade estrutural. O elemento central desta validação foi a definição de um critério de desempenho: a garantia de uma Tração Residual na Flexão ($Fr1$) de 1,70 MPa. Este parâmetro quantifica a capacidade do concreto fibroso de manter sua integridade e transferir carga mesmo após a fissuração, simulando a função da armadura convencional;

Desenvolvimento e Qualificação do Traço: Em colaboração com consultores e laboratórios, foram realizados ensaios com amostras de três fornecedores de fibras. A macrofibra da Kratos foi selecionada por atender aos requisitos técnicos com maior competitividade econômica. O traço do concreto foi meticulosamente desenvolvido para atingir as especificações de projeto: resistência à compressão (fck) de 35 MPa, resistência à tração na flexão de 4,5 MPa e a tração residual $Fr1$ de 1,70 MPa, com uma dosagem de fibra de 5,5 kg/m³. Os resultados dos ensaios conforme a NBR 16942 (Ref. [3]) confirmaram o atendimento a todos os parâmetros de controle pré-estabelecidos;

Execução Simplificada: A logística foi radicalmente otimizada. As fibras, entregues em sacos, eram adicionadas diretamente no balão da betoneira na usina, garantindo uma dispersão homogênea e transformando o concreto em um material intrinsecamente reforçado.

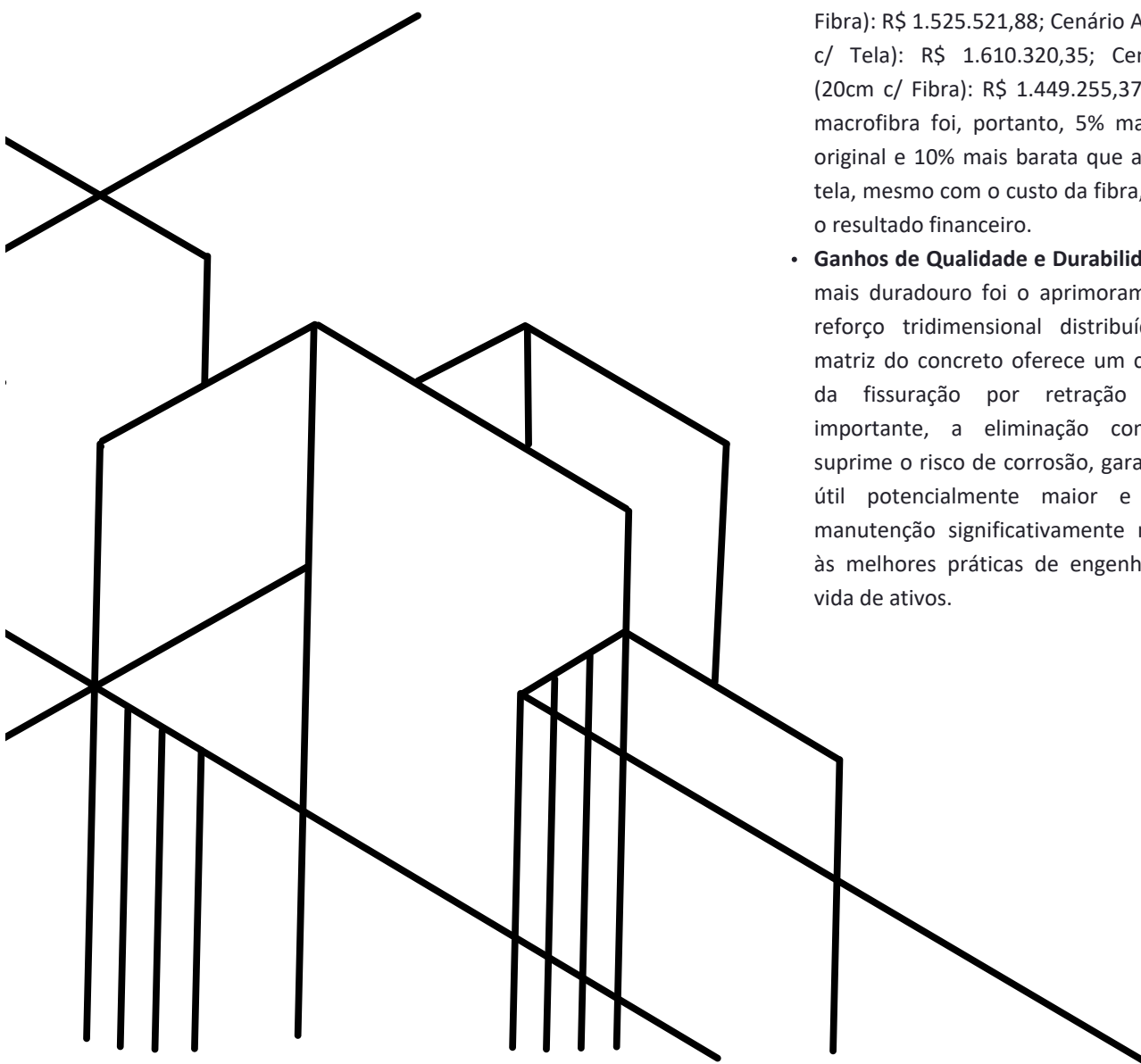


O processo em campo foi reduzido às etapas de preparo da base, fôrmas, lançamento, adensamento com régua vibratória, acabamento (texturização com vassouras de piaçava) e cura química, eliminando o gargalo da frente de armação.

Principais resultados e ganhos auferidos

A implementação da solução com CRF gerou benefícios tangíveis, auditáveis e de alto impacto para o projeto, como se pode constatar a partir dos dados apresentados no breve resumo que se segue:

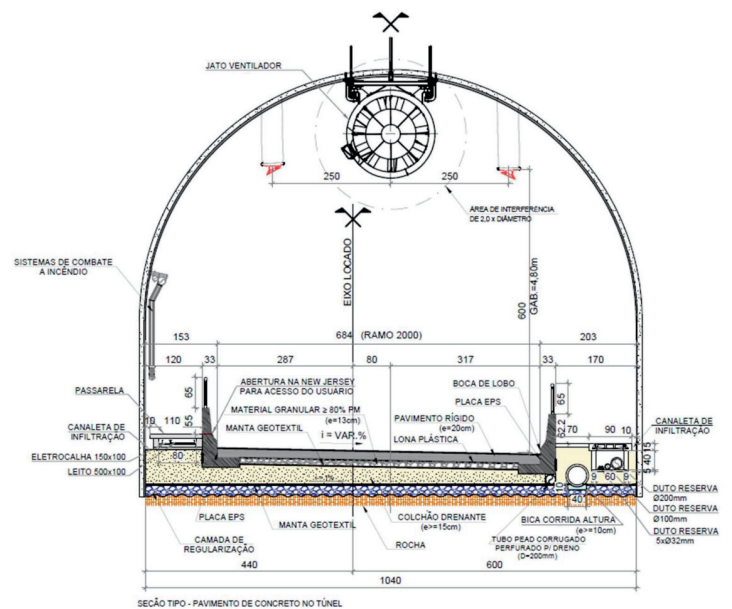
- **Ganhos de Produtividade e Prazo:** A simplificação do processo executivo permitiu um avanço mais rápido das frentes de concretagem. Para um volume de 1584 m³, a duração foi de 24 dias, uma economia de 5 dias em relação aos 29 dias estimados para uma solução equivalente com tela de aço. Essa redução de 17% no prazo da atividade crítica foi fundamental para o cumprimento do cronograma geral da obra;
- **Ganhos Financeiros Expressivos:** A análise comparativa de custos revelou a superioridade econômica da solução: Cenário Original (25cm s/ Fibra): R\$ 1.525.521,88; Cenário Alternativo (20cm c/ Tela): R\$ 1.610.320,35; Cenário Executado (20cm c/ Fibra): R\$ 1.449.255,37. A solução com macrofibra foi, portanto, 5% mais barata que a original e 10% mais barata que a alternativa com tela, mesmo com o custo da fibra, potencializando o resultado financeiro.
- **Ganhos de Qualidade e Durabilidade:** O benefício mais duradouro foi o aprimoramento técnico. O reforço tridimensional distribuído em toda a matriz do concreto oferece um controle superior da fissuração por retração plástica. Mais importante, a eliminação completa do aço suprime o risco de corrosão, garantindo uma vida útil potencialmente maior e um custo de manutenção significativamente menor, alinhado às melhores práticas de engenharia de ciclo de vida de ativos.





O caso do Túnel Luiz Bom é uma evidência inequívoca do potencial transformador do Concreto Reforçado com Fibras na engenharia de pavimentos. A abordagem demonstrou que é possível, através da inovação e da engenharia de valor, alcançar uma rara convergência de benefícios: redução de custos, aceleração de cronogramas e aumento da qualidade e durabilidade do produto final. A metodologia de focar em critérios de desempenho, em vez de se ater rigidamente a soluções prescritivas, abriu caminho para um processo de otimização eficaz.

Recomenda-se fortemente que a análise de soluções com CRF seja incorporada como prática padrão na fase de concepção e projeto de obras de pavimentação rígida. O sucesso deste projeto desenvolvido pela Odebrecht serve de modelo para a indústria da Construção, mostrando que o investimento em tecnologia e estudos técnicos detalhados se traduz em ganhos competitivos e na entrega de uma infraestrutura mais resiliente e sustentável para a sociedade.





As soluções para as cidades do futuro passam pela sua inscrição.

O Smart Crea-PR Cities avalia municípios paranaenses como cidades inteligentes e orienta gestões públicas na construção de cidades mais eficientes, sustentáveis e preparadas para os desafios do futuro.

Dê o primeiro passo para transformar seu município.

› CRITÉRIOS AVALIADOS

- Mobilidade urbana
- Planejamento territorial
- Sustentabilidade
- Infraestrutura
- Governança
- Inovação

› BENEFÍCIOS PARA O MUNICÍPIO

- Compreender seu estágio atual
- Fortalecer sua capacidade técnica
- Identificar oportunidades de melhoria
- Priorizar investimentos
- Ampliar o potencial de acesso a parcerias, recursos e programas de fomento

Inscrições até 18 de maio de 2026

Acesse e participe



CREA-PR
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

REALIZAÇÃO:

ASSAÍ
GOVERNO MUNICIPAL
Cidade Eficiente. Comunidade Inteligente.



CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná



AEAPG

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS
E ARQUITETOS DE PONTA GROSSA