

GABARITO

Engenharia generativa VERIFICADA

projetos de engenharia gerados por computador e CONFERIDOS norma por norma, peça por peça —
prontos para orçar, detalhar e construir. Parte 1: para qualquer leitor. Parte 2: anexo técnico.

a plataforma se REPROVA sozinha: nenhum número sem procedência, nenhuma peça sem verificação, nenhum LOD sem medição

SOLVER

Rust, 12 GDL/elem

VALIDAÇÃO FEM

OpenSees + PyNite

BASE SINAPI

6,27 mi linhas

NORMAS COMO DADO

264 parâmetros

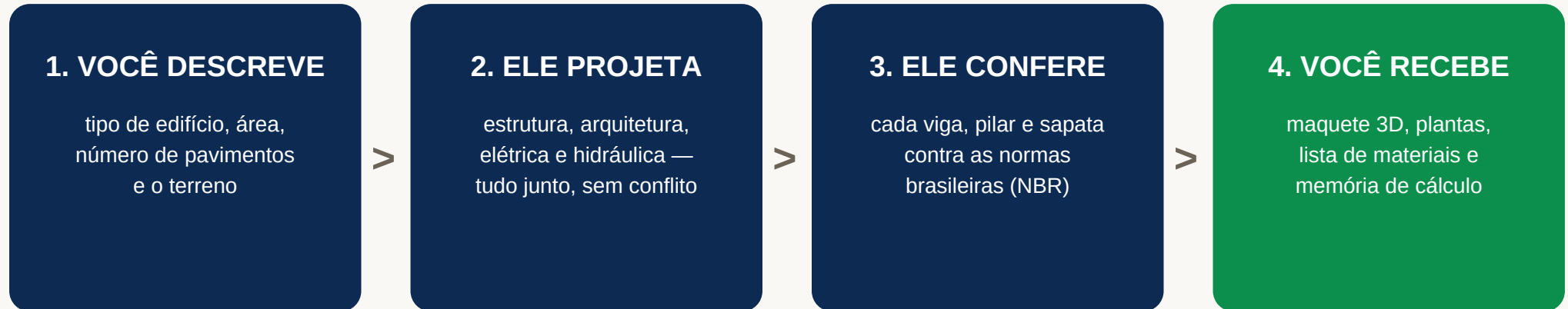
PROVA CEGA

modelo TQS real

agosto de 2026 · beta privado · demonstração viva: gabarito.io/projeto-galpao

O que o GABARITO faz

em uma linha: você descreve o edifício; ele projeta, confere e entrega



Isso que levava semanas entre projetista, calculista e orçamentista sai em minutos —
e com a conferência ESCRITA dentro do pacote, não na palavra de ninguém.

A regra da casa: ele se reprova sozinho

quem corrige a prova não é quem fez a prova

- **Dois fiscais independentes olham tudo antes de qualquer entrega:**
um mede a GEOMETRIA (viga apoiada de verdade? pilar chega na sapata? porta abre?); o outro cobra a ORIGEM de cada número (de que norma veio? foi medido? quem declarou?).
- **Se qualquer um dos dois reprova, não existe entrega.**
Não é relatório para ler depois — é veto.
- **E o que ele não conseguiu conferir, ele CONFESSA:**
sai escrito 'NÃO VERIFICADO' no laudo. Falta de informação nunca vira aprovação.

**Por que isso importa: projeto aprovado por preguiça do verificador vira problema na obra.
Aqui a aprovação é conquistada — ou o pacote não sai.**

O que você recebe

um pacote completo — cada item abre em programa comum de mercado

Maquete 3D (BIM)

o edifício inteiro, separado por disciplina — abre em qualquer visualizador

Plantas prontas

DXF e DWG que o engenheiro abre no AutoCAD e edita

Conta de materiais

concreto, aço e serviços MEDIDOS na maquete, com preço da tabela oficial SINAPI

Memória de cálculo assinada

assinatura digital: dá para provar que ninguém mexeu depois

Lista de ferros

cada barra com dobra, medida e marca — pronta para a bancada de corte

Laudo de conferência

o que passou, o que é alerta e o que ficou sem verificar — por escrito

Como sabemos que está certo

três provas, em palavras simples

- **1. Comparamos com quem não nos conhece.**

O motor de cálculo foi batido contra dois programas de referência criados em universidades americanas (Berkeley e MIT) — as respostas coincidem até a décima casa decimal.

- **2. Demos a ele um projeto REAL de mercado, sem avisar.**

Um modelo de agência bancária feito no software mais usado do Brasil entrou como estava. Em 30 segundos ele conferiu 722 peças, apontou os problemas reais — e listou por escrito o que não conseguiu verificar.

- **3. Todo número mostra a fonte.**

Norma e parágrafo, medição na maquete ou declaração de quem assina — quem recebe o pacote consegue conferir sem perguntar nada a ninguém.

E ele ainda procura economia — sem sair da norma

o único desconto que ele aceita é o que continua passando em tudo

- **Ele testa alternativas mais baratas da estrutura**
(um concreto mais em conta, uma viga mais baixa) — e para CADA alternativa refaz o cálculo do edifício INTEIRO e confere tudo de novo.
- **Se uma única peça deixa de passar, a sugestão é descartada.**
O que sobra vem com a prova junto: o antes e o depois de cada verificação.
- **Os preços vêm da tabela oficial de obras públicas (SINAPI):**
milhões de preços, atualizados mês a mês, aplicados sobre quantidades MEDIDAS na maquete — não sobre estimativa de planilha.
- **O que a tabela não cobre, ele não inventa:**
vira uma lista de cotação pronta para mandar ao fornecedor.

Gêmeo de operação — o prédio inteiro, sem papel

entregue no pacote: cada peça com registro, ambiente, plano de manutenção e QR

- **Entregue hoje, no pacote:**

REGISTRO DE ATIVOS de todo elemento operável — luminária, tomada, quadro, detector, sprinkler, hidrante, bomba, reservatório, louça, porta, janela e cada peça estrutural — com chave permanente, TAG legível, sistema, pavimento e AMBIENTE (o ativo sabe em que sala está), plano de manutenção de referência por família (NBR 5674 + a norma de cada sistema) e um QR por peça. Galpão de referência: 1.671 ativos, 84% localizados no ambiente.

- **Quem vai consertar abre o modelo, não a pasta:**

visualizador federado com clique-no-ativo e busca; o QR colado na peça abre a ficha com o elemento destacado em 3D. COBie ampliado (todos os ativos, sistemas e ambientes) para o software de gestão predial do cliente.

- **O que fica honesto:**

fabricante, série, garantia e data de instalação saem VAZIOS por declaração — a obra e o fornecedor preenchem no as-built; o registro nunca inventa. Sensores e leitura em tempo real não existem: os detectores são de projeto.

SENTINEL — a obra medida contra o planejado

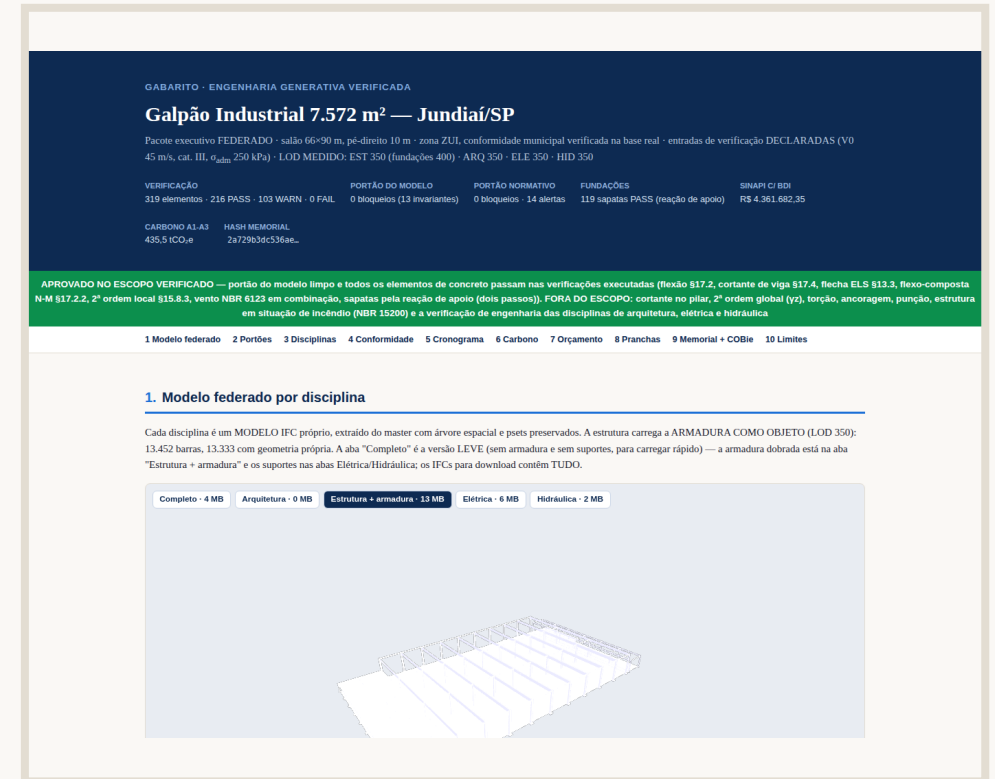
PROTÓTIPO INTERNO. Nenhuma foto de obra real foi processada até hoje.

- **O que já está construído e roda:**
a contabilidade do progresso — consolidação por peça, pavimento e disciplina, valor agregado (SPI/CPI), curva planejado × real contra o cronograma de 13 fases que o próprio pipeline gera, e classificação de 15 tipos de ocorrência, 4 delas de segurança. Coberto por 64 testes.
- **O que ainda NÃO está:**
a leitura da foto. Hoje o comparador confronta a imagem com um edifício paramétrico de amostra, não com o IFC entregue, e o vínculo é por texto, não por GlobalId. Detecção de EPI não existe: não há uma linha dela no sistema.
- **Como a imagem seria lida, dito na frente:**
por modelo de visão de terceiro (Google Gemini), por chamada externa — as fotos do canteiro saem da nossa infraestrutura. Quem contratar precisa saber disso antes, não depois.
- **O que falta é obra, não software:**
o registro de ativos já dá o lado do modelo (1.671 a 2.293 peças por edifício, com GlobalId) e o cronograma já dá o lado do planejado. Falta um canteiro parceiro com câmera fixa e registro datado. Sem isso não há número de precisão — e não vamos publicar nenhum.

Veja com os seus olhos

um galpão industrial de 7.572 m² está publicado, inteiro, agora

- 319 peças de estrutura conferidas: 216 aprovadas, 103 com ressalva de esbeltez ou vento, nenhuma reprovada.
- As 119 sapatas saíram com a ferragem pronta para a bancada.
- Maquete, plantas, cálculo e laudos: tudo aberto para baixar.



Não acredite na apresentação — abra os arquivos:
gabarito.io/projeto-galpao

O mesmo motor, quatro edifícios

cada um é um pacote COMPLETO gerado pelo mesmo pipeline — não é render, não é maquete: é IFC, cálculo, prancha e orçamento

Galpão industrial

7.572 m² · 1 pavimento · Jundiaí/SP

verificação NBR 6118
216 de 319 elementos

sapatas pela reação
119 aprovadas / 0 não

armadura como objeto
13.452 barras

portão do modelo
0 bloqueios

portão normativo
0 bloqueios

IFC4 — regra EXPRESS
0 violações

ambientes mobiliados
20

peças de mobiliário
493 peças · 6.615 sólidos

esquadrias
39 portas · 64.6 sólidos cada

piso paginado
3.115 peças

Residência de alto padrão

420 m² · 2 pavimentos · Campinas/SP

verificação NBR 6118
155 de 242 elementos

sapatas pela reação
45 aprovadas / 0 não

armadura como objeto
5.278 barras

portão do modelo
0 bloqueios

portão normativo
0 bloqueios

IFC4 — regra EXPRESS
0 violações

ambientes mobiliados
19

peças de mobiliário
77 peças · 830 sólidos

esquadrias
21 portas · 56.0 sólidos cada

piso paginado
1.267 peças

Edifício residencial

2.400 m² · 4 pavimentos · 16 unidades

verificação NBR 6118
284 de 452 elementos

sapatas pela reação
42 aprovadas / 0 não

armadura como objeto
8.626 barras

portão do modelo
0 bloqueios

portão normativo
0 bloqueios

IFC4 — regra EXPRESS
0 violações

ambientes mobiliados
20

peças de mobiliário
228 peças · 2.716 sólidos

esquadrias
135 portas · 56.0 sólidos cada

piso paginado
4.916 peças

Creche FNDE tipo 2

1.300 m² · 1 pavimento · Goiânia/GO

verificação NBR 6118
189 de 294 elementos

sapatas pela reação
105 aprovadas / 0 não

armadura como objeto
7.014 barras

portão do modelo
0 bloqueios

portão normativo
0 bloqueios

IFC4 — regra EXPRESS
0 violações

ambientes mobiliados
25

peças de mobiliário
343 peças · 2.406 sólidos

esquadrias
27 portas · 56.0 sólidos cada

piso paginado
1.777 peças

Todos os números desta página são LIDOS dos pacotes entregues (manifest, verificação por elemento, conferência de entrega, censo do modelo). Nenhum foi digitado. Cada pacote traz o IFC, as pranchas em DWG, o memorial assinado, o COBie e os dois portões — e pode ser aberto e conferido.

O que existe dentro do modelo

um móvel não é uma caixa com a dimensão certa — cada peça é montada por partes, e cada parte tem material e cor próprios

35

componentes distintos neste edifício
(a biblioteca tem 84 no total)

64.6

sólidos por porta: batente, folha,
3 dobradiças, 24 PARAFUSOS, maçanetas

3.115

peças de piso assentadas peça a peça
em 8.548 m² — quantidade da geometria

6.615

sólidos de mobiliário em 20
ambientes com leiaute próprio

- **Por que isso importa**

Um modelo em que a cadeira é um paralelepípedo tem a dimensão certa e a leitura errada. Quem abre não reconhece o edifício — e quem orça não confia no que vê.

- **O leiaute é de projetista, não de sorteio**

Uma função de leiaute por família de ambiente: a cadeira olha para a mesa, a bancada encosta na parede pelo lado certo, nada fica na frente da porta e nada invade a alvenaria.

- **Quantidade vem da geometria**

O piso é paginado peça a peça, com junta de 3 mm. A quantidade a comprar sai da paginação com a perda declarada — não é digitada.

- **Honestidade declarada em cada peça**

O property set diz, na própria peça: LEIAUTE DE REFERÊNCIA, com dimensões de mercado declaradas. Não é especificação de compra nem desenho de fabricação de mobiliário.

A mesma biblioteca serve as sete tipologias do gerador:

galpão · escritório · creche · hotel · comércio · casa · condomínio

Modelos que não conversam

arquitetura de um autor, estrutura de outro, elétrica de um terceiro — e quando um muda, ninguém avisa os outros

21.673 → 1

produtos de quatro arquivos
de disciplina num IFC federado

0

violações da regra EXPRESS
no arquivo que sai

3.598

dependências entre peças,
cada uma com a evidência

73 s

para a correção percorrer
a cadeia inteira

- **Ele ESCRIVE o modelo federado**

Os quatro arquivos entram e sai UM IFC, com GUID único, procedência de cada peça e a árvore espacial reconciliada. A prestação de contas fecha peça a peça: 21.673 nas fontes = 21.657 federados + 16 fundidos na árvore + 0 descartados.

- **Dependência, não vizinhança**

Vão que hospeda, esquadria que preenche, peça apoiada, tubo que atravessa, membro de sistema — cada aresta carrega a medida que a sustenta. Antes, tudo que passava perto de uma viga era “conflito”: 1.043 peças elétricas de 1.043. Medido agora: 55.

- **A porta arrasta o vão**

Mover uma porta 1,5 m derruba a dependência FILLS_VOID — a folga vai de 0 a 1,5 m contra tolerância de 0,1 — e derruba SÓ ela: 505 arestas antes, 505 depois, uma caída. O vão é movido atrás, a dependência volta a valer, e o BCF sai para o autor da outra disciplina com a peça selecionada.

ONDE ELE PARA — e não vamos fingir que não para

- Ele NUNCA sobrescreve o seu arquivo: toda edição sai como revisão nova, com histórico de autoria identificando o sistema e a sua autoria original preservada ao lado.
- O vão acompanha a esquadria, mas a parede ainda NÃO é recortada de novo nem o quantitativo refeito — isso é a próxima etapa, e está dito aqui porque ainda não existe.
- Ele não propõe a verga nem o reforço: o que exige decisão de engenheiro sai como pergunta com a cláusula, nunca como conserto automático.
- Devolver um IFC editado NÃO edita a base do outro projetista: no Revit e no TQS o IFC é export. O caminho de volta é o BCF.

Onde as peças se batem

um número por pacote, e o funil que o sustenta

141.991

pares de caixas que entram na triagem

1.249

questões depois de sólido, supressão e agrupamento

4.634

cruzamentos suprimidos, cada um com a justificativa

44 s

sobre 21.430 elementos com geometria real

- **Sólido, não caixa**

Caixa envolvente → caixa orientada → casco → malha triangulada, e cada degrau reporta quantos pares entram e quantos saem. O funil É o resultado: sem ele ninguém sabe se a ferramenta filtrou bem ou escondeu o problema.

- **Suprimir exige justificativa**

Armadura dentro do concreto que ela arma, revestimento sobre estrutura, luva prevista — cada regra de supressão diz POR QUE suprime e o que a evidência precisa conter. Supressão sem justificativa é apagar o problema, e o motor recusa.

- **A severidade é NOSSA e está escrita**

Não existe norma brasileira que classifique severidade de interferência. O critério é declarado em arquivo editável, para poder ser contestado pelo seu projetista — e não escondido no código.

TRIAGEM É SINAL, NÃO PROVA

- Interferência não detectada não significa ausência de interferência: o que não está modelado não colide.
- A triagem não substitui a compatibilização feita pelo projetista, nem a revisão em software de coordenação. Ela chega antes, e cabe no prazo.

PARTE 2

Anexo técnico — os motores por dentro

para engenheiros: o solver, os algoritmos de cada verificação, as validações independentes e as bases de dados — com evidência de código em cada afirmação.

- Motor de cálculo próprio e sua validação contra referências independentes
- O que cada verificação NBR cobre — e como se comportou na prova cega (modelo TQS real)
- Fundações em dois passos · pontes com carga móvel e protensão
- Orçamento SINAPI auditável · engenharia de valor dentro da norma · carbono e ciclo de vida
- Regulador (a lei da cidade) · normas como dado · planejamento MAESTRO
- Sustentabilidade, conforto e energia · obra pública · loteamento · openBIM e integrações

A arquitetura — módulos reais, nomeados

cada caixa existe no repositório e é auditável; nada aqui é diagrama de intenção



- **Uma chamada de API atravessa tudo:**
POST /generate-verified gera, resolve o pórtico no núcleo, verifica por elemento, passa nos dois portões e devolve o pacote — 16 endpoints no total, mais 5 ferramentas MCP para agentes de IA.
- **O caminho inverso é a mesma engine:**
POST /verify-upload recebe o IFC de QUALQUER projetista (até 100 MB) e devolve veredito por elemento, memorial e BCF para o software de coordenação.

O núcleo FEM — Rust, não wrapper

motor de cálculo próprio em Rust: ~19.600 linhas, 226 testes internos

12 GDL

elemento beam-column 3D
(6 GDL/nó) — rigidez direta
Euler-Bernoulli; Timoshenko
opcional (kappa)

escala

de pórtico de agência a
edifício alto — solver denso
ou esparso escolhido
automaticamente

P-Delta

rigidez geométrica iterativa
(conv. 0,1%); torção Saint-
Venant + Vlasov; rótulas por
condensação estática

1,3 s

pórtico do galpão: 478 nós,
559 elementos, 2.868 GDL —
6 combinações NBR 8681
em uma passada

- **Combinações NBR 8681 completas:**
1,4D · 1,4D+1,4L · 1,4D+1,4W+0,7L · 1,4D+1,4L+0,84W · sísmica excepcional · serviço — a governante é selecionada por deslocamento máximo entre todas.
- **O pórtico é resolvido DUAS vezes:**
ELU para dimensionar e ELS-QP exata ($D + \psi_2 \cdot L$, $\psi_2=0,3$) para a flecha — esforço de serviço real, não aproximação ULS dividido por gama.
- **Montagem honesta do IFC:**
o modelo de terceiros vira pórtico com apoios e cargas próprias explícitas — e o que não fecha (componente flutuante, seção não reconhecida) é EXCLUÍDO com motivo escrito, nunca resolvido no escuro.
- **Além da estática:**
análise modal, espectro de resposta NBR 15421, integração de Newmark, flambagem linear e cascas — no crate, cobertos pelos testes internos (dinâmica ainda sem cross-validação externa, declarado).

Validação do núcleo — contra quem não nos conhece

três referências independentes, mais bateria interna com tolerância declarada

~1e-10

concordância com OpenSees
(UC Berkeley) e PyNite (MIT)
em problemas de pórtico —
dois solvers não relacionados

11/11 < 0,01%

benchmarks verbatim do
fe-engine (Rust independente)
+ soluções fechadas
(5qL■/384EI, PL³/3EI...)

87 + 226

testes FEM dedicados (0,1% exato /
2% aproximado) + testes do crate:
Euler, P-Delta, espectro NBR 15421,
Vlasov, Newmark

- **Livro-texto como juiz:**
casos de Timoshenko, Hibbeler e Kassimali reproduzidos no módulo de testes do solver.
- **Paridade Python-Rust testada**
— o caminho de produção é o mesmo caminho testado.
- **Escopo declarado por escrito:**
sem elementos sólidos/contínuos; casca MITC4 e dinâmica validadas só internamente; checks de norma são auditoria separada. O documento de validação diz o que NÃO estabelece.

**Regra da casa: solver sem referência externa é opinião.
Cada classe de problema carrega a referência contra a qual foi batida — e a que falta é declarada.**

Verificação NBR — o que cada check cobre

não é checklist: é mecânica de seção implementada, batida contra referência e com recusas explícitas

- **PILAR:**
flexo-compressão por equilíbrio de seção (com flexão oblíqua), 2a ordem local e vento em combinação. Validado contra fórmulas independentes com desvio abaixo de 0,3%. E RECUSA quando não pode afirmar: sem restrição de topo declarada, o mesmo pilar pode ser aprovado ou reprovado — então devolve NEEDS_INPUT, nunca chuta.
- **VIGA:**
flexão, cortante e flecha em serviço com rigidez fissurada sobre esforços de uma segunda resolução exata do pórtico — e quando a fórmula de vão não localiza o máximo, integra a linha elástica numericamente em vez de aprovar por zero.
- **VENTO NBR 6123:**
força e momento integrados ao longo da altura, coeficientes com procedência declarada. A velocidade básica NUNCA é deduzida da cidade — sem valor declarado, nada é calculado.
- **O que fica escrito no veredito:**
o escopo verificado e o que segue fora (cortante no pilar, 2a ordem global, torção, ancoragem, punção, incêndio) — a lista é computada do relatório, não recitada.

Fundações — dois métodos brasileiros e dois passos

a sapata sai da REAÇÃO do pórtico resolvido, não de estimativa

AV + DQ

estacas pelos DOIS métodos brasileiros (Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma), por tipo de estaca, a partir do SPT real

Winkler

sapata corrida por viga sobre base elástica; radier com punção e flexão; recalque diferencial por Boussinesq

76 → 0

a história real: estimativa por área de influência reprovava 57-76 de 119 sapatas; com a REAÇÃO real do 2o passo: 119/119 PASS

- **A geração em DOIS PASSOS:**
passo 1 estima e gera; o pórtico é resolvido; a reação de CADA apoio volta para o gerador; passo 2 rege cada sapata para a sua reação real e verifica a rigidez da peça.
- **O verificador cobra o mesmo número que o gerador usou**
— acabou a divergência estrutural entre estimativa e verificação que produzia reprovação em massa.
- **E agora a sapata é FABRICÁVEL (LOD 400):**
2.426 barras dobradas (gancho 90°. pino 5 diâmetros). 10 marcas de ferro. quadro de corte e dobra derivado da geometria — 2.18 t de CA-50.
- **Sem sondagem não há aprovação definitiva:**
a tensão admissível é ENTRADA DECLARADA; o executivo exige SPT do terreno real — e o módulo Aoki-Velloso/Décourt-Quaresma está pronto para recebê-lo.

A prova cega — modelo TQS real, sem ajuste manual

agência Sicredi Campinas: o IFC de mercado entrou, o veredito saiu — com as falhas confessadas

917

elementos IFC no modelo
TQS de mercado (concreto
+ aço, export real)

5.970

GDL montados: 822 membros,
995 nós, 203 apoios,
210 partições de pilar

30,6 s

parede, incluindo parse do
IFC, descarga de laje e
DOIS solves (ELU + ELS-QP)

198/198

perfis de aço W250x44.8
reconhecidos — dimensões
batem com catálogo Gerdau

- **Resultado final:**
579 PASS · 45 FAIL · 98 WARN · 0 SKIPPED — e os FAIL restantes são ACHADOS de engenharia com force_provenance completo (seções abaixo do mínimo normativo, esbeltez), não artefatos.
- **O primeiro run confessou os próprios defeitos:**
144 SKIP (perfil rotacionado não reconhecido) e 15 FAIL-artefato (insertos classificados como pilar) — corrigidos no mesmo dia por diagonalização do tensor de segundo momento e piso de plausibilidade; o doc registra antes e depois.
- **Divergências declaradas por escrito:**
o export TQS não carrega armadura (o check dimensionou As dos esforços); 81 membros flutuantes excluídos; vento não aplicado porque V0 não foi declarado — o sistema pediu a entrada em vez de inventá-la.

Pontes — envoltória TB-450 e protensão com perdas completas

generate-bridge: vãos de 5 a 600 m, protendida automática acima de 25 m de vão

- **Carga móvel NBR 7188 de verdade:**
envoltória do TB-450 (3 eixos de 150 kN + multidão 5 kN/m²) elemento a elemento em malha de ~0,5 m, com CIV, CNF e CIA aplicados — alimentando o MESMO código de flexão e cisalhamento que verifica edifícios.
- **Distribuição transversal dupla:**
método clássico E grelha real no núcleo FEM, publicados juntos — o mais conservador governa, e a validade de cada um é registrada na saída.
- **Protendida: iteração até passar TUDO:**
número de cordoalhas iterado até passar nas tensões de transferência, em serviço e no ELS da NBR 6118; se o concreto armado não converge, o sistema MANDA protender — nenhuma aprovação é fabricada.
- **Perdas de protensão calculadas, não estimadas:**
imediatas (atrito, cravação da ancoragem, encurtamento elástico com protensão sequencial de cabos) e diferidas (fluência, retração, relaxação) — `loss_total_pct` publicado na saída.
- **IFC 4.3 com IfcAlignment:**
o traçado é entidade de norma no arquivo — exportação validador-limpa no rigor buildingSMART.

Do IFC ao orçamento — quantitativo MEDIDO da geometria

e um contrato de honestidade: código de composição nunca é inventado

6.265.845

linhas de preço SINAPI na base
(8.298 códigos · 27 UFs ·
28 meses, 2024-01 a 2026-04)

~30

classes IFC coletadas; Qto_*
preferido, senão malha
tessellada (a heurística de
caixa é declarada)

auditável

cada linha do orçamento
carrega a confiança do
mapeamento — publicada, não
escondida no total

planilha

quote-excel: sobe a planilha
Excel que a construtora já
tem e recebe orçamento SINAPI
com confiança por item

- **Mapeamento DETERMINÍSTICO, não LLM:**
composições verificadas uma a uma contra a tabela viva; serviços companheiros gerados automaticamente (a peça de concreto traz a sua forma) e contagem dupla eliminada por regra.
- **O que a SINAPI não cobre fica FORA do total, com motivo:**
sprinkler, doca niveladora, portão de galpão... viram lista nao_orcado e o gerador de COTAÇÃO agrupa por item, soma quantidades e entrega planilha para o fornecedor preencher — faixa de mercado rotulada ORDEM DE GRANDEZA, nunca somada.
- **Guardrails que evitam número falso convincente:**
janela com vão degenerado é recusada; dispositivo pontual vira contagem, não m³; reservatório nunca é precificado (o IFC dá volume armazenado, a SINAPI cobra concreto); preço defasado carrega staleness_warning.

Economizer — onde a estrutura economiza SEM sair da norma

cada candidato re-resolve o pórtico INTEIRO e re-verifica todos os elementos

- **Dois eixos de otimização por membro:**
classe de concreto (respeitando o piso que a agressividade ambiental impõe) e altura de seção de viga — sempre dentro do que a norma permite.
- **A restrição É a norma, garantida por força bruta honesta:**
cada candidato dispara a cascata — re-monta, re-resolve (rigidez e peso próprio novos) e re-verifica TODOS os elementos; se qualquer um passa a falhar, a sugestão é REJEITADA com o motivo anexado.
- **O que devolve:**
a economia líquida por sugestão (concreto pelo volume auditado a preço SINAPI + aço recalculado com os esforços novos), com BUNDLE DE EVIDÊNCIA: vereditos antes e depois de cada elemento.
- **Comportamento medido em pórtico de teste:**
sugestões aceitas só com o edifício inteiro aprovado antes e depois; em ambiente agressivo (CAA IV) o motor devolve ZERO sugestões — o piso normativo é duro.
- **Honestidade embutida:**
economia sobre elemento não verificado carrega verificacao_incompleta=True e ressalva textual obrigatória — o teste automatizado EXIGE a ressalva.

Carbono — ciclo de vida EN 15978, massas medidas

A1-D com fatores ICE v4.1 versionados em arquivo de dados — e o que é estimado se declara

A1-D

estágios completos: produto, transporte, obra (desperdício 5% + canteiro), uso com carbonatação, fim de vida, D

26

materiais na base ICE v4.1 (concreto por classe, aço, alumínio, PVC, cerâmica, bambu com sequestro)

57,5

kgCO₂e/m² no galpão — massas MEDIDAS do IFC (1.888 t concreto + 133 t aço), categoria 'low'

–39,8%

só trocando para cimento CP III no mesmo fck; aço reciclado –62%; alternativas sempre computadas

- **Medido é medido, estimado se declara:**
volumes de pilar/viga/sapata saem das seções e vãos reais; a armadura, quando não detalhada, é estimada por taxa de prática por tipo de peça e o campo se chama armadura_estimada — com a origem escrita na saída.
- **Alternativas por sistema estrutural:**
todo cálculo devolve a comparação com madeira, terra e bambu sobre o mesmo piso — no galpão: madeira –13,9%, terra –58,3%, bambu –130,7% (sequestro biogênico).
- **53 EPDs em 21 categorias na base**
para trocar o fator genérico pelo do fabricante quando o cliente tem a declaração ambiental.

A norma como DADO — o que já existe e o roadmap

de 'a proposta cita a NBR' para 'todo número publicado carrega o parágrafo, assinado'

46 / 15

normas ABNT cadastradas /
com parâmetros estruturados
(NBR 6118: 58 · 6120: 46 ·
8681: 19 · 9050: 18...)

264

parâmetros de norma como
JSON conferíveis: PASS / FAIL
(bloqueia) / NÃO MEDIDO
(declarado) / N.A.

5.571

municípios na base regulador
(58 REAL_VERIFIED, 212 REAL;
5.878 building codes em
346 municípios)

Ed25519

memorial determinístico:
entradas idênticas = corpo
byte-idêntico; versões do
engine e do solver pinadas

- **A limitação está escrita em todo resultado:**
a base guarda o VALOR do parâmetro, não o ITEM da norma — a conferência vale contra o número exigido e NÃO autoriza citar parágrafo. Quando a base contradiz o módulo de cálculo, sai CONTRADICAO_NA_BASE e o parâmetro fica proibido de citação até resolver.
- **ROADMAP — fechar o último grau:**
adquirir os textos oficiais ABNT, anotar cláusula por parâmetro no cadastro e promover NORMA_SEM_CLAUSULA a NORMA com § citável — aí todo número do pacote sai com parágrafo, dentro do memorial assinado.
- **A estrutura já chegou lá:**
os checks estruturais já publicam nbr_ref com parágrafo em todo resultado (§17.2.2, §15.8.3, §22.6...) — o roadmap replica isso para as 15 normas parametrizadas.

MAESTRO — do modelo ao cronograma e ao caixa

o planejado contra o qual a obra (e o SENTINEL) é medida

13 fases

cronograma físico gerado do modelo: equipes, horas, caminho crítico e fator chuva

fluxo de caixa

mês a mês, com pico de desembolso — o que o banco e o investidor pedem

planilha real

aceita a planilha SINAPI que a construtora já tem e monta o cronograma sobre ela

sequência

análise de construtibilidade: ordem de execução, fôrmas, concretagem, pré-moldado

- **Produtividades de fonte oficial, calibradas:**
o cronograma sai de referências públicas de produtividade da construção brasileira — declaradas como referência a calibrar com a produtividade da própria construtora.
- **Galpão de referência:**
270 dias úteis em 13 fases, 54 profissionais, curva de desembolso completa — gerado da mesma geometria que foi verificada e orçada.
- **É o 'planejado' do 4D:**
a base contra a qual o acompanhamento de obra por foto compara o executado.

Sustentabilidade, conforto e energia — pré-avaliação

estimativas computadas do projeto — indicativas, nunca certificação

- **Certificações estimadas do projeto:**
LEED v4 BD+C (41 créditos e 12 pré-requisitos), BREEAM e WELL pré-avaliados a partir de dados computados do modelo — para saber onde o projeto está antes de contratar a auditoria.
- **Conforto térmico:**
PMV/PPD (ISO 7730), conforto adaptativo (ASHRAE 55) e zona bioclimática NBR 15220 — por ambiente.
- **Energia e climatização:**
balanço mensal simplificado (ISO 13790), psicrometria e carga de refrigeração — declarado como modo simplificado; simulação horária detalhada é etapa seguinte.
- **Carbono e ciclo de vida:**
carbono A1-A3 de massas medidas e custo do ciclo de vida (ISO 15686-5) — 'paramétrico e indicativo', escrito na saída.

Obra pública, loteamento e otimização

as mesmas engines apontadas para o edital, o terreno e a fronteira de Pareto

- **Creche FNDE Tipo 2:**
gerada, verificada e orçada como tipologia nativa — e as fundações executivas por SPT real que o FNDE deixa a cargo do município (demonstração pública em gabarito.io/projeto-creche-fnde).
- **Radar de licitações:**
varredura do portal nacional de compras e classificação do que o motor já sabe gerar; pacote técnico (projeto + pranchas + orçamento + memorial) em uma chamada — rascunho técnico, exige edital e ART do responsável.
- **Loteamento:**
terreno + município → quadras, vias, lotes e casa de referência custeada, sob o zoneamento do REGULADOR.
- **Otimização multiobjetivo:**
custo, luz natural, área útil e energia na mesma fronteira de Pareto, sob as restrições regulatórias do lote.
- **Pontes rodoviárias:**
NBR 7188 com carga móvel TB-450 e protensão, IFC 4.3 — demonstração pública verificada.

Aberto por padrão — openBIM e integrações

arquivos que qualquer ferramenta abre, e uma API que qualquer sistema chama

- **IFC4 e IFC4.3 limpos no validador buildingSMART**
(zero erros de schema; 'validator-clean' declarado como tal — não é selo de certificação); IDS publicado; COBie e BCF de saída; DWG verificado por duas implementações.
- **Verificação de IFC de terceiros:**
TQS, Revit ou qualquer autoria — entra o arquivo, sai o laudo por elemento e o BCF que abre no software de coordenação. A ART é do engenheiro.
- **API documentada e ferramentas para agentes de IA:**
gerar, verificar, orçar e auditar como passos chamáveis de um fluxo automatizado (MCP em preparação).
- **Simulação ponta a ponta por texto:**
descrição do empreendimento → regulador → geração → orçamento → cronograma → viabilidade, em uma sequência (CÉREBRO).
- **Conta, planos e LGPD**
já operam no domínio público — beta privado.

Portões com veto e LOD medido

a plataforma mede o próprio trabalho — geometria, procedência e nível de detalhe

- **Portão do MODELO — 13 invariantes com veto:**
viga sem apoio · pilar sem sapata · peça fora do envelope · vigas numa direção só · fck do pset divergente · porta abrindo para fora do vão · ambiente sem porta · parede que não alcança a estrutura · esquadria com geometria diferente da declarada · degrau entre pisos internos · hidrante sem rede · eletroduto sem descida · sanitário sem louça.
- **Portão NORMATIVO:**
número sem procedência é erro de build; ressalva de escopo é procedência VÁLIDA — punir a ressalva ensinaria a apagá-la.
- **Trava de regressão que INJETA defeito:**
os testes apagam as vigas de um eixo e exigem que o portão acuse — o detector é testado contra o defeito que ele existe para pegar.

Disciplina	LOD MEDIDO	critério que ou está no arquivo ou não está
EST	350 + 400	armadura como objeto; fundações em 400 (dobra + marca + quadro da geometria)
ARQ	350	camadas reais de material nas paredes; esquadria verificada pelo portão
ELE	350	conexões derivadas da geometria + suportação com fonte normativa no objeto
HID	350	conexões + suportes por DN (NBR 10897 no incêndio, catálogo no restante)

Os motores de disciplina — 8.208 linhas de cálculo declarado

elétrica, hidráulica, incêndio e AVAC calculam de verdade — e confessam a heurística

- **ELÉTRICA (NBR 5410):**
cargas pelas regras 9.5.2.1 ($100 \text{ VA} + 60 \text{ VA}/4 \text{ m}^2$; TUG por perímetro; TUE dedicada), seção por tabela de ampacidade B1, queda de tensão pelas fórmulas mono/trifásicas com limites 4% terminal / 7% total, DR 30 mA por área molhada e externa, e iluminação industrial pelo MÉTODO DOS LUMENS com alvos da ISO/CIE 8995-1 — a regra VA/m^2 é declarada inaplicável a pé-direito de 10 m.
- **HIDRÁULICA (NBR 5626/8160):**
perda de carga por Hazen-Williams (C por material), DN por aparelho, DHU de esgoto por peça com degraus de subcoletor, NR-24 para vestiários — e o aviso repetido de que a NBR 5626 NÃO tabela consumo per capita (valores de literatura, declarados).
- **INCÊNDIO:**
hidrante por cobertura com $\text{vazão} \times \text{tempo}$ (a reserva deixou de ser constante de tabela), sprinkler por área por bico, detector por m^2 — ITs citadas em paralelo às NBRs com a distinção declarada.
- **A regra transversal:**
comprimento de circuito é HEURÍSTICA declarada; fator de demanda com citação não conferida carrega `verificar_norma=True` — o número existe, e o grau de confiança dele também.

O caso vivo — Galpão Industrial 7.572 m², Jundiaí/SP

pacote público e verificável; todos os números medidos no arquivo entregue

319

elementos verificados
216 PASS · 0 FAIL

2.868

GDL resolvidos em 1,3 s
(6 combinações NBR)

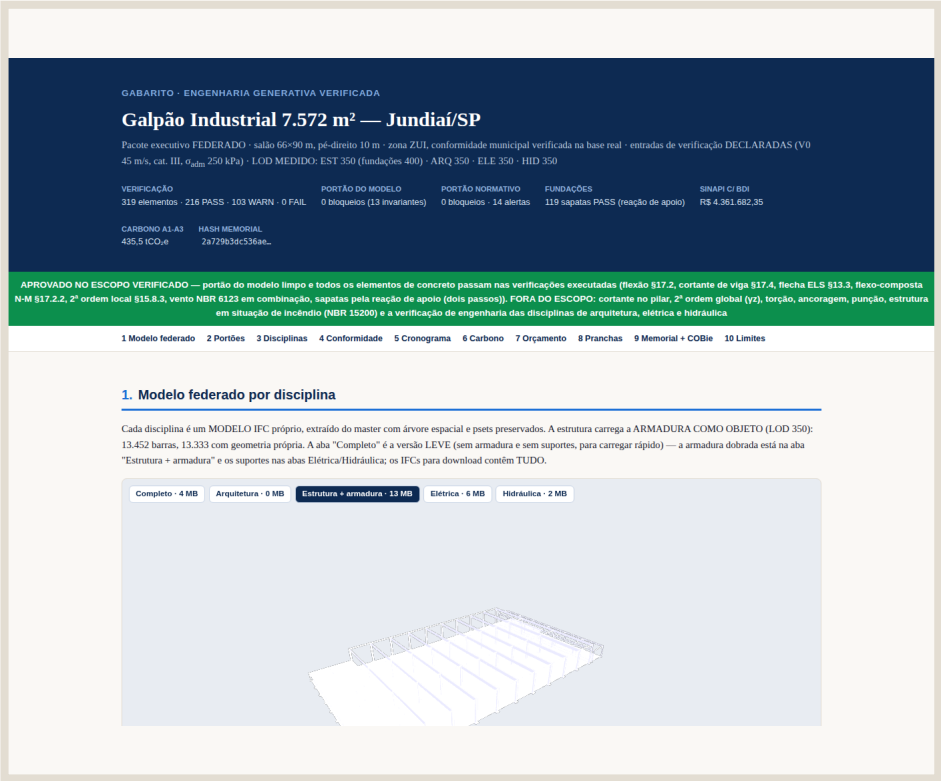
119/119

sapatas PASS pela reação
real — e FABRICÁVEIS

350/400

LOD medido do pacote /
das fundações

- 5 IFCs federados + DXF/DWG verificado + memorial Ed25519 + COBie + quadro de ferros.
- Conformidade municipal ATENDE (18 verificações na base real de Jundiaí, zona ZUI).
- Tudo aberto para download na página — modelo, verificação, laudos.



Engenharia que se prova — ou não sai do forno

- RESOLVIDO por núcleo FEM próprio em Rust, cross-validado contra OpenSees e PyNite.
- VERIFICADO por norma, elemento a elemento — com o que falta declarado no veredito.
- REPROVÁVEL por dois portões com veto: geometria e procedência de cada número.
- ORÇADO por quantitativo medido da geometria contra 6,27 milhões de preços SINAPI.
- OTIMIZADO dentro da norma: o economizer re-verifica o pórtico inteiro por candidato.
- MEDIDO em LOD no próprio arquivo — 350 hoje, fundações já em 400.
- ENTREGUE federado e assinado: IFC + memorial Ed25519 + DXF/DWG + COBie + BCF.

Beta privado — abra os arquivos, não acredite no deck:
gabarito.io/projeto-galpao