

CONSTRUTIBILIDADE EM PROJETOS DE ENGENHARIA: COMO REVISAR SOLUÇÕES ANTES DA IMPLANTAÇÃO

Entenda como aplicar construtibilidade em projetos de engenharia para revisar acessos, interfaces, instalação, testes, manutenção e implantação antes da execução.

SUMÁRIO

1. O QUE É CONSTRUTIBILIDADE EM PROJETOS DE ENGENHARIA	4
1.1. O PROBLEMA QUE A CONSTRUTIBILIDADE PROCURA EVITAR	4
1.2. CONSTRUTIBILIDADE NÃO É APENAS COMPATIBILIZAÇÃO	5
1.3. APLICAÇÃO ALÉM DA ENGENHARIA CIVIL	5
2. QUANDO APLICAR A CONSTRUTIBILIDADE NO CICLO DE VIDA DO PROJETO	6
2.1. VIABILIDADE, FEL E PROJETO CONCEITUAL	6
2.2. FEED E PROJETO BÁSICO	6
2.3. PROJETO EXECUTIVO	7
2.4. PROCUREMENT E FABRICAÇÃO	7
2.5. EXECUÇÃO, COMISSIONAMENTO E ENCERRAMENTO	7
3. O QUE VERIFICAR EM SISTEMAS MULTIDISCIPLINARES	8
3.1. CONDIÇÕES DE CAMPO E QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES	8
3.2. ACESSOS, LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO	8
3.3. ESPAÇOS TÉCNICOS E ENVELOPES DE MANUTENÇÃO	9
3.4. ROTAS, SUPORTAÇÃO E INTERFACES CIVIS	9
3.5. ENERGIA, COMUNICAÇÃO, ATERRAMENTO E AUTOMAÇÃO	9
3.6. CRITÉRIOS POR DISCIPLINA DO PORTFÓLIO	10
3.7. INSTALABILIDADE, TESTABILIDADE E MANUTENIBILIDADE	10
3.8. CHECKLIST TÉCNICO MÍNIMO	11
4. COMO CONDUZIR UMA CONSTRUCTABILITY REVIEW	11
4.1. DEFINIR O OBJETIVO E O PACOTE ANALISADO	11
4.2. PREPARAR ENTRADAS CONFIÁVEIS	11
4.3. COMPOR A EQUIPE MULTIDISCIPLINAR	11
4.4. REVISAR DOCUMENTOS, MODELO E CAMPO	12
4.5. REGISTRAR E CLASSIFICAR COMENTÁRIOS	12
4.6. DISTINGUIR COMENTÁRIO, PENDÊNCIA E MUDANÇA	12
4.7. VERIFICAR RESOLUÇÃO E ENCERRAR	13
4.8. BIM, CLASH DETECTION E FERRAMENTAS DIGITAIS	13
5. COMO TRATAR RETROFIT E AMBIENTES EM OPERAÇÃO	13
5.1. VALIDAR O EXISTENTE ANTES DE PROJETAR	13
5.2. PLANEJAR FASES, ESTADOS TEMPORÁRIOS E MIGRAÇÃO	14
5.3. CONTINUIDADE E JANELAS DE INTERVENÇÃO	14
5.4. SEGURANÇA E PERMISSÕES	14
5.5. REDLINES, MUDANÇAS DE CAMPO E AS-BUILT	14

5.6. COMISSONAMENTO E OPERAÇÃO ASSISTIDA	15
6. COMO ESTRUTURAR GOVERNANÇA, INDICADORES E CRITÉRIOS DE ACEITE	15
6.1. PAPÉIS E RESPONSABILIDADES	16
6.2. MARCOS DE REVISÃO E CRITÉRIOS DE LIBERAÇÃO	16
6.3. INDICADORES RECOMENDADOS	17
6.4. ERROS FREQUENTES	17
6.5. CRITÉRIOS DE ACEITE DA REVISÃO	17
6.6. PAPEL DO OWNER'S ENGINEERING	17
6.7. WHITEPAPERS	19
6.8. ARTIGOS TÉCNICOS	19
6.9. GUIAS TÉCNICOS	19
6.10. SERVIÇOS RELACIONADOS	19
6.11. SOLUÇÕES RELACIONADAS	19

Construtibilidade em projetos de engenharia é a aplicação sistemática do conhecimento de execução, instalação, integração, testes, operação e manutenção durante o planejamento, o desenvolvimento do projeto, o procurement e a implantação. Seu objetivo é verificar, antes da liberação para aquisição, fabricação ou campo, se a solução pode ser executada com segurança, qualidade, recursos, acessos, sequência e condições operacionais compatíveis com o empreendimento.

Embora o termo seja frequente na engenharia civil, a construtibilidade não se limita a estruturas, canteiros ou métodos construtivos. Em projetos multidisciplinares, ela também examina se equipamentos podem chegar ao local, se painéis podem ser instalados e retirados, se rotas comportam cabos e fibras, se sistemas podem ser integrados, se testes são executáveis e se a instalação pode ser mantida sem comprometer segurança ou continuidade operacional.

Para a A3A Engenharia, o tema é especialmente relevante em projetos elétricos, telecomunicações, cabeamento estruturado, CFTV, controle de acesso, automação, SPDA, energia crítica e Data Centers. A análise conecta o [ciclo de vida do projeto](#), a maturidade da engenharia, as condições reais de campo e os critérios de implantação e aceite.

1. O QUE É CONSTRUTIBILIDADE EM PROJETOS DE ENGENHARIA

Construtibilidade, ou *constructability*, é a incorporação planejada do conhecimento e da experiência de execução ao desenvolvimento do empreendimento. Em vez de esperar o início da obra para descobrir limitações, a organização antecipa questões de campo e as transforma em requisitos, decisões, detalhes, métodos e verificações ainda durante a engenharia.

A definição clássica do [Construction Industry Institute](#) enfatiza o uso ótimo do conhecimento de construção no planejamento, projeto, procurement e operações de campo. Para projetos de sistemas, essa lógica deve ser ampliada: o conhecimento relevante inclui instalação, integração, parametrização, migração, testes, comissionamento, operação e manutenção.

1.1. O PROBLEMA QUE A CONSTRUTIBILIDADE PROCURA EVITAR

Um projeto pode estar calculado corretamente e ainda ser difícil, inseguro ou inviável de implantar. Isso ocorre quando a documentação descreve o resultado técnico, mas não considera integralmente as condições necessárias para produzi-lo.

Exemplos recorrentes incluem:

A construtibilidade busca eliminar ou controlar essas situações antes que se convertam em retrabalho, atraso, aditivo, risco ou perda de desempenho.

1.2. CONSTRUTIBILIDADE NÃO É APENAS COMPATIBILIZAÇÃO

A [compatibilização de projetos](#) é parte importante da análise, mas não esgota o tema.

Conceito	Pergunta central	Resultado esperado
Compatibilização	As disciplinas estão geometricamente e tecnicamente coerentes?	Interferências e conflitos identificados e resolvidos
Análise crítica de projeto	A solução atende requisitos, normas e critérios técnicos?	Comentários técnicos, correções e aprovação
Construtibilidade	A solução pode ser implantada nas condições reais?	Estratégia, detalhes, acessos, sequência e métodos viáveis
Instalabilidade	Componentes podem ser transportados, montados, conectados e configurados?	Instalação segura e executável
Testabilidade	O sistema permite inspeção, medição, testes e demonstração de desempenho?	Evidências válidas para comissionamento e aceite
Manutenibilidade	O ativo pode ser acessado, isolado, substituído e mantido?	Operação sustentável ao longo da vida útil

Um modelo BIM sem colisões pode continuar inadequado se não houver acesso para montagem, espaço de manutenção, sequência executiva ou janela operacional. Da mesma forma, um desenho tecnicamente correto pode não indicar como preservar sistemas existentes durante uma migração.

1.3. APLICAÇÃO ALÉM DA ENGENHARIA CIVIL

Em infraestrutura tecnológica e sistemas críticos, a construtibilidade envolve elementos físicos, funcionais e operacionais. Ela verifica não apenas se algo pode ser construído, mas se pode ser instalado, energizado, integrado, testado e transferido à operação.

No cabeamento estruturado, por exemplo, interessa a capacidade das rotas, a sequência de lançamento, a segregação, a identificação e o acesso aos pontos. Em CFTV, importam campo de visão, fixação, iluminação, alimentação, rede e manutenção. Em controle de acesso, o projeto precisa coordenar arquitetura, esquadrias, ferragens, alimentação, lógica de segurança e integração com incêndio. Em sistemas elétricos, devem ser examinados espaços, suportação, seletividade, desligamentos, aterramento, ensaios e retirada futura de equipamentos.

A análise deve considerar o sistema completo e suas interfaces, não apenas o componente de uma disciplina.

Construtibilidade amplia a análise além da compatibilização.

Um projeto precisa ser coerente entre disciplinas e também executável nas condições reais de acesso, instalação, integração, testes, operação e manutenção.

[Aprofunde como disciplinas, documentos e entregáveis formam um projeto de engenharia](#)

2. QUANDO APLICAR A CONSTRUTIBILIDADE NO CICLO DE VIDA DO PROJETO

A construtibilidade deve começar cedo e acompanhar o aumento da definição. Quanto mais tarde uma limitação é descoberta, maior tende a ser o número de documentos, contratos, equipamentos e serviços afetados.

Ela não é um evento único próximo da obra. O processo mais eficaz combina revisões progressivas, adequadas à maturidade de cada fase. A [ISO 21502](#) reforça essa lógica ao relacionar o gerenciamento do projeto às fases, pontos de decisão, requisitos, riscos, mudanças e critérios de controle.

2.1. VIABILIDADE, FEL E PROJETO CONCEITUAL

Nas fases iniciais, a análise avalia se a alternativa escolhida pode ser implantada no local, no prazo e nas condições operacionais previstas. Ainda não existem detalhes suficientes para verificar cada fixação ou rota, mas já é possível examinar restrições estruturantes.

Entre as perguntas típicas estão:

No [Projeto Conceitual](#), a construtibilidade contribui para comparar alternativas não apenas pelo desempenho final, mas pela viabilidade de implantação.

2.2. FEED E PROJETO BÁSICO

No [FEED](#) e no Projeto Básico, a construtibilidade deve influenciar bases de projeto, arranjos, especificações, interfaces, estimativas, cronogramas e estratégia de contratação.

É o momento de definir:

Uma definição insuficiente transfere incerteza para o preço da proposta ou para a execução. O resultado pode ser contingência elevada, exclusões, disputas e decisões tardias.

2.3. PROJETO EXECUTIVO

No [Projeto Executivo de Engenharia](#), a análise alcança detalhes concretos de instalação e integração.

Devem ser confirmados:

A liberação de documentos para aquisição ou construção deve ocorrer somente quando os aspectos críticos estiverem resolvidos ou formalmente condicionados.

2.4. PROCUREMENT E FABRICAÇÃO

Durante o [procurement em projetos de engenharia](#), a construtibilidade verifica se a especificação e a proposta do fornecedor preservam as condições de implantação.

A análise deve considerar:

Substituições comerciais não podem ser avaliadas apenas por equivalência nominal. Uma alternativa pode atender à função e alterar acesso, alimentação, dissipação, fixação, protocolo, manutenção ou prazo.

2.5. EXECUÇÃO, COMISSIONAMENTO E ENCERRAMENTO

Na [execução de obras de engenharia](#), a construtibilidade passa a ser confirmada por planejamento detalhado, métodos executivos, inspeções e gestão das condições de campo.

Questões não resolvidas podem originar RFI, pendência, não conformidade ou solicitação de mudança. Quando a solução aprovada precisa ser modificada, deve ser aplicado o processo de [Engineering Change Management](#).

No comissionamento, verifica-se se a instalação permite testes seguros, isolados e rastreáveis. O encerramento deve consolidar a configuração real em desenhos, listas, manuais, registros e [As-Built](#).

Fase	Foco da análise	Decisões principais
Viabilidade e FEL	Restrições estruturantes e estratégia	Alternativa e capacidade de implantação
Projeto Conceitual	Arquitetura, localização e interfaces	Solução preferencial
FEED e Projeto Básico	Arranjos, requisitos, pacotes e premissas	Maturidade para contratar
Projeto Executivo	Detalhes, acessos, rotas e montagem	Liberação para aquisição e campo

Fase	Foco da análise	Decisões principais
Procurement	Dados de fornecedor, transporte e instalação	Aprovação técnica e fabricação
Execução	Método, sequência, recursos e condições reais	Liberação de frentes e mudanças
Comissionamento	Testabilidade e evidências	Prontidão e aceite
Encerramento	Configuração final e documentação	Transferência à operação

A construtibilidade deve amadurecer junto com a engenharia.

As perguntas evoluem das restrições estratégicas nas fases iniciais para detalhes de acesso, montagem, fornecimento, testes e operação no Projeto Executivo e na implantação.

[Entenda como o FEED antecipa decisões críticas antes da contratação](#)

3. O QUE VERIFICAR EM SISTEMAS MULTIDISCIPLINARES

A análise de construtibilidade precisa observar o caminho completo entre a solução projetada e o ativo em operação. A revisão não pode se limitar à planta principal ou ao modelo tridimensional; deve correlacionar requisitos, documentos, interfaces, logística, instalação, testes e manutenção.

3.1. CONDIÇÕES DE CAMPO E QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES

A primeira pergunta é se o projeto representa adequadamente a realidade. Em instalações existentes, desenhos antigos, cadastros incompletos e alterações não documentadas criam risco elevado.

O [Site Survey](#) deve levantar, conforme o escopo:

O levantamento não elimina incerteza oculta. Por isso, o projeto deve registrar premissas, limitações e verificações necessárias antes da execução.

3.2. ACESSOS, LOGÍSTICA E MOVIMENTAÇÃO

Todo equipamento deve possuir uma rota real desde o recebimento até a posição final. A análise considera dimensões embaladas e desembradas, peso, raio de giro, capacidade de pisos e elevadores, portas, corredores, rampas, escadas, plataformas e pontos de içamento.

Também é necessário verificar:

Uma rota disponível durante a obra pode desaparecer após a conclusão de divisórias ou instalação de outros sistemas. A sequência precisa ser incorporada ao planejamento.

3.3. ESPAÇOS TÉCNICOS E ENVELOPES DE MANUTENÇÃO

A posição de um equipamento não é definida apenas por suas dimensões físicas. Devem ser preservados espaços para abertura de portas, conexão de cabos, ventilação, inspeção, operação, retirada de módulos e atuação segura da equipe.

Em painéis e quadros, por exemplo, interessa:

Em racks, controladoras, servidores, switches, UPS e equipamentos de segurança, devem ser considerados profundidade, peso, ventilação, organização de cabos, alimentação redundante, acesso às interfaces e substituição de componentes.

3.4. ROTAS, SUPORTAÇÃO E INTERFACES CIVIS

Rotas de infraestrutura precisam ser avaliadas como sistemas, não como linhas em planta. A revisão inclui capacidade, ocupação, raio de curvatura, segregação, continuidade, cruzamentos, proteção, acesso, drenagem, selagem e expansão.

As interfaces civis e arquitetônicas podem incluir:

O objetivo não é transformar o artigo em conteúdo civil, mas demonstrar que sistemas dependem dessas interfaces para serem implantados corretamente.

3.5. ENERGIA, COMUNICAÇÃO, ATERRAMENTO E AUTOMAÇÃO

Um componente de campo normalmente depende de várias infraestruturas. A análise deve verificar se todas estão disponíveis, compatíveis e coordenadas.

Elemento	Questões de construtibilidade
Alimentação elétrica	tensão, potência, proteção, circuito, desligamento e redundância
Comunicação	meio físico, rota, distância, protocolo, portas e endereçamento
Aterramento	ponto de conexão, continuidade, inspeção e medição
Automação	sinais, intertravamentos, lógica, parâmetros e testes
Suportação	material, carga, fixação, corrosão e acesso
Ambiente	temperatura, umidade, poeira, água, vibração e compatibilidade eletromagnética
Segurança	acesso, trabalho em altura, energia perigosa e condições de emergência

Elemento	Questões de construtibilidade
Operação	isolamento, contingência, manutenção e reposição

A ausência de uma interface aparentemente secundária pode impedir o funcionamento do sistema completo.

3.6. CRITÉRIOS POR DISCIPLINA DO PORTFÓLIO

Sistema	Verificações relevantes
Cabeamento estruturado	capacidade de rotas, lançamento, segregação, curvatura, identificação, certificação e acesso
Fibra óptica	proteção, raio de curvatura, caixas, emendas, reservas, limpeza e testes
CFTV IP	campo de visão, altura, fixação, iluminação, rede, energia, acesso e manutenção
Controle de acesso	porta, fechadura, ferragens, alimentação, cabos, lógica de emergência e integração
Automação	localização de sensores, painéis, I/O, rede, calibração, lógica e comissionamento
Elétrica BT/MT	espaços, cabos, proteção, seletividade, suportaço, desligamentos, ensaios e segurança
SPDA e aterramento	rotas, distâncias, fixações, equipotencialização, inspeção, medição e compatibilidade arquitetônica
Energia crítica	redundância, bypass, transição, cargas temporárias, testes e continuidade
Data Centers	acessos, densidade, distribuição, contenção, redundância, manutenção concorrente e testes integrados

3.7. INSTALABILIDADE, TESTABILIDADE E MANUTENIBILIDADE

A construtibilidade deve produzir uma solução que possa ser instalada e também demonstrada e mantida.

A instalabilidade examina sequência, ferramentas, tolerâncias, conexões e recursos. A testabilidade verifica se existem pontos, instrumentos, procedimentos, isolamentos e critérios para comprovar o desempenho. A manutenibilidade avalia acesso, segurança, diagnóstico, substituição, sobressalentes e impacto operacional.

Uma solução que só pode ser testada com o sistema inteiro indisponível pode ser inadequada para ambiente crítico. Um equipamento que não pode ser retirado sem desmontar outros sistemas cria custo e risco para toda a vida útil.

3.8. CHECKLIST TÉCNICO MÍNIMO

Instalar não basta: o sistema precisa ser testável e manutenível.

A solução deve permitir acesso, isolamento, medição, substituição e comprovação de desempenho sem criar riscos ou indisponibilidades incompatíveis com a operação.

[Veja como o Projeto Executivo transforma requisitos em detalhes de instalação e teste](#)

4. COMO CONDUZIR UMA CONSTRUCTABILITY REVIEW

A *constructability review* é uma revisão estruturada, realizada por equipe multidisciplinar, para identificar oportunidades, restrições e riscos de implantação. Ela precisa gerar decisões e evidências, não apenas comentários dispersos em desenhos.

4.1. DEFINIR O OBJETIVO E O PACOTE ANALISADO

A revisão deve começar com escopo claro. Pode abranger o empreendimento completo, uma fase, disciplina, sistema, área, pacote de procurement, frente de obra ou mudança específica.

O plano da revisão deve indicar:

Sem delimitação, a equipe pode discutir questões fora da maturidade do pacote ou deixar interfaces importantes sem responsável.

4.2. PREPARAR ENTRADAS CONFIÁVEIS

As entradas variam conforme a fase, mas podem incluir:

A equipe deve saber quais informações são aprovadas, preliminares ou ainda inexistentes.

4.3. COMPOR A EQUIPE MULTIDISCIPLINAR

A revisão precisa combinar conhecimento de projeto e experiência de implantação. Dependendo do pacote, podem participar:

A participação do executor melhora a qualidade da análise, mas não transfere automaticamente a ele a responsabilidade pelo projeto. Comentários precisam ser avaliados e incorporados pelo responsável competente.

4.4. REVISAR DOCUMENTOS, MODELO E CAMPO

A revisão pode combinar análise documental, reunião técnica, navegação em modelo, visita ao local e simulação da sequência.

O método deve seguir o fluxo real:

Essa perspectiva revela problemas que não aparecem quando cada desenho é examinado isoladamente.

4.5. REGISTRAR E CLASSIFICAR COMENTÁRIOS

Todo comentário precisa ser rastreável ao documento, localização, requisito ou item analisado. Um registro mínimo contém descrição, origem, disciplina, criticidade, responsável, prazo, resposta, evidência e status.

Classe	Característica	Tratamento típico
Crítica	Risco à segurança, conformidade, função ou implantação	Bloqueia liberação até resolução
Alta	Pode causar retrabalho, atraso relevante ou indisponibilidade	Exige decisão antes do pacote afetado
Média	Afeta produtividade, manutenção ou qualidade	Resolver na revisão programada
Baixa	Melhoria ou ajuste sem impacto material imediato	Incorporar quando justificável
Oportunidade	Simplifica, padroniza ou melhora resultado	Avaliar custo, benefício e riscos
Informação	Requer confirmação ou dado complementar	Vincular a pendência ou RFI

A criticidade não deve ser definida apenas pelo custo. Uma mudança barata pode afetar segurança, compliance ou continuidade.

4.6. DISTINGUIR COMENTÁRIO, PENDÊNCIA E MUDANÇA

Um comentário de construtibilidade pode:

Quando modifica requisito, solução, interface, configuração ou baseline, o caso deve seguir o processo de [Engineering Change Management](#). A equipe de revisão não deve autorizar informalmente alterações de campo.

4.7. VERIFICAR RESOLUÇÃO E ENCERRAR

Responder “atendido” não encerra o comentário. É necessário verificar se a solução foi incorporada nos documentos e se suas interfaces também foram atualizadas.

O fechamento deve confirmar:

4.8. BIM, CLASH DETECTION E FERRAMENTAS DIGITAIS

Modelos BIM, coordenação tridimensional, nuvens de pontos e planejamento 4D ampliam a capacidade de análise. Eles permitem visualizar interferências, acessos, sequência e ocupação de espaços.

Entretanto, *clash detection* não substitui constructability review. Uma verificação geométrica não decide se a ordem de montagem é possível, se existe janela de desligamento, se o equipamento pode ser mantido ou se a solução atende às necessidades do operador.

A série [ISO 19650](#) contribui para controlar troca, registro, versionamento e organização das informações. O valor depende de requisitos de informação claros, estados definidos e responsabilidades consistentes.

Comentários de construtibilidade não autorizam mudanças informais.

Quando a revisão modifica requisito, solução, interface, configuração ou baseline, a alteração precisa ser analisada, aprovada, documentada e verificada pelas alçadas competentes.

[Aprofunde o fluxo de Engineering Change Management, da ECR à implementação](#)

5. COMO TRATAR RETROFIT E AMBIENTES EM OPERAÇÃO

Retrofits e intervenções em instalações ativas exigem abordagem mais rigorosa. O desafio não é apenas implantar o resultado final, mas atravessar estados temporários sem comprometer pessoas, sistemas ou continuidade.

5.1. VALIDAR O EXISTENTE ANTES DE PROJETAR

O projeto deve distinguir informação confirmada, inferida e desconhecida. Levantamentos podem incluir inspeção visual, medições, testes, abertura controlada, rastreamento de circuitos, verificação de capacidade e consulta a registros de manutenção.

Divergências devem ser documentadas e avaliadas. O risco aumenta quando o projeto depende de infraestrutura oculta, sistemas legados ou cadastros desatualizados.

Em vez de assumir que o existente está correto, a análise define quais condições precisam ser confirmadas antes de fabricar, desligar ou executar.

5.2. PLANEJAR FASES, ESTADOS TEMPORÁRIOS E MIGRAÇÃO

A configuração final pode exigir várias etapas intermediárias. Cada fase precisa ser tecnicamente válida e operacionalmente segura.

O planejamento deve indicar:

Uma solução final correta pode falhar se os estados intermediários não forem projetados.

5.3. CONTINUIDADE E JANELAS DE INTERVENÇÃO

Ambientes críticos podem exigir redundância, bypass, fontes temporárias, operação degradada controlada ou implantação paralela.

A janela precisa considerar preparação, execução, testes, decisão, estabilização e margem de recuperação. Não deve ser calculada apenas pelo tempo físico de instalação.

Em Data Centers, por exemplo, mudanças podem afetar manutenção concorrente, redundância, contenção, alimentação, redes e testes integrados. Em plantas industriais, devem ser consideradas permissões, bloqueios, processo, áreas classificadas e partidas. Em sistemas de segurança, a implantação precisa preservar vigilância, controle de acesso e procedimentos de emergência.

5.4. SEGURANÇA E PERMISSÕES

A construtibilidade deve incorporar os controles necessários para executar o trabalho. Isso pode envolver:

O método executivo não deve tentar compensar uma solução de projeto intrinsecamente inadequada. Quando o risco não pode ser controlado de forma razoável, a solução precisa ser revista.

5.5. REDLINES, MUDANÇAS DE CAMPO E AS-BUILT

Redlines registram condições propostas ou executadas, mas não constituem autorização automática. Alterações precisam ser avaliadas, aprovadas e propagadas conforme o ECM.

A configuração final deve ser consolidada no As-Built, incluindo desenhos, diagramas, listas, endereçamento, parâmetros, softwares, equipamentos, testes e manuais. A documentação precisa representar o ativo efetivamente entregue.

5.6. COMISSIONAMENTO E OPERAÇÃO ASSISTIDA

O [comissionamento de sistemas críticos](#) confirma que a solução instalada atende aos requisitos e pode operar de forma integrada.

A análise de construtibilidade deve antecipar:

A operação assistida permite estabilizar a configuração, treinar equipes, tratar pendências e verificar desempenho em condições reais antes do encerramento definitivo.

Em retrofit, os estados temporários também precisam ser projetados.

A solução final pode estar correta e ainda falhar durante migração, desligamento ou transição quando não existem fases intermediárias, contingência, rollback e critérios de avanço definidos.

[Conheça o Site Survey para validar condições reais antes do projeto e da intervenção](#)

6. COMO ESTRUTURAR GOVERNANÇA, INDICADORES E CRITÉRIOS DE ACEITE

A construtibilidade precisa fazer parte da governança do projeto. Sem papéis, momentos de revisão, critérios de liberação e rastreabilidade, ela se reduz a recomendações informais sem garantia de implementação.

6.1. PAPÉIS E RESPONSABILIDADES

Papel	Responsabilidade principal
Proprietário	Definir requisitos, restrições, riscos aceitáveis e critérios de decisão
Gerente do projeto	Integrar revisão ao plano, cronograma e governança
Coordenação de engenharia	Organizar disciplinas e consolidar respostas técnicas
Projetistas	Avaliar e incorporar soluções dentro de suas atribuições
Executor ou instalador	Contribuir com conhecimento de campo, métodos e recursos
Procurement e fornecedores	Fornecer dados certificados e avaliar fabricação e logística
Operação e manutenção	Validar acessibilidade, continuidade e manutenção futura
Comissionamento	Definir testabilidade, evidências e prontidão
Project Controls	Avaliar impactos em prazo, custo, riscos e baseline
Contratos	Tratar efeitos em obrigações, preço, prazo e notificações
Owner's Engineering	Apoiar análise independente, integração e decisão do proprietário

A matriz de responsabilidades deve deixar claro quem comenta, recomenda, aprova, implementa e verifica. A participação de uma parte não elimina as atribuições legais e contratuais das demais.

6.2. MARCOS DE REVISÃO E CRITÉRIOS DE LIBERAÇÃO

As revisões podem ser associadas a marcos como:

Cada marco deve declarar as pendências aceitáveis, responsáveis e condições. Não é necessário que todos os comentários estejam fisicamente encerrados para toda decisão, mas os riscos precisam ser conhecidos e controlados.

6.3. INDICADORES RECOMENDADOS

Indicador	O que revela
Comentários por disciplina e origem	Áreas com maior instabilidade ou lacuna
Comentários críticos abertos	Risco para liberação e implantação
Idade das pendências	Decisões represadas
Tempo médio de resolução	Eficiência do processo
Reabertura de comentários	Qualidade da solução e da verificação
Mudanças originadas após liberação	Maturidade insuficiente da engenharia
RFI e mudanças de campo	Lacunas transferidas para execução
Retrabalho associado	Consequência financeira e operacional
Pendências documentais no aceite	Divergência de configuração
Causas recorrentes	Oportunidades de padronização e lições aprendidas

Os indicadores devem apoiar decisões e melhoria, não estimular encerramento superficial de comentários.

6.4. ERROS FREQUENTES

Entre os erros mais comuns estão:

6.5. CRITÉRIOS DE ACEITE DA REVISÃO

Uma revisão de construtibilidade pode ser considerada concluída quando:

6.6. PAPEL DO OWNER'S ENGINEERING

Em projetos complexos, o Owner's Engineering pode coordenar ou verificar a constructability review sob a perspectiva do proprietário. Sua atuação pode integrar projetistas, fornecedores, instaladores, operação, contratos e controles, mantendo foco em requisitos, riscos e aceite.

Essa função não substitui a responsabilidade técnica dos autores do projeto nem a obrigação do executor de planejar seus métodos. O valor está em criar visão integrada, desafiar premissas, verificar evidências e impedir que lacunas entre contratos permaneçam sem tratamento.

A construtibilidade madura começa na definição e termina apenas quando a solução está instalada, testada, documentada e apta a ser operada e mantida.

Owner's Engineering transforma a revisão em decisão e evidência.

A integração entre projetistas, fornecedores, instaladores, operação, contratos e controles permite tratar interfaces, riscos e pendências sem diluir responsabilidades técnicas.

[Conheça o framework de Owner's Engineering para governança, implantação e aceite](#)

- [1] [CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability. Knowledge Area and Best Practice.](#)
- [2] [CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Constructability Concepts File. Publication SP3-3.](#)
- [3] [CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. Implementing Project Constructability – Participant Handbook. Publication EM-11A.](#)
- [4] [INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 21502:2020 – Project, programme and portfolio management – Guidance on project management.](#)
- [5] [PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Construction Extension to the PMBOK Guide.](#)
- [6] [PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide. 8. ed.](#)
- [7] [INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19650-1:2018 – Information management using building information modelling – Concepts and principles.](#)
- [8] [INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19650-2:2018 – Information management using building information modelling – Delivery phase of assets.](#)
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 21502:2021 – Gerenciamento de projetos, programas e portfólios – Orientação sobre gerenciamento de projetos. [10] AACE INTERNATIONAL. Recommended Practice No. 39R-06 – Project Planning – As Applied in Engineering and Construction for Capital Projects.

O que é construtibilidade em projetos de engenharia? É a aplicação sistemática do conhecimento de execução, instalação, integração, testes, operação e manutenção durante o planejamento, o projeto, o procurement e a implantação, para garantir que a solução possa ser executada nas condições reais. **Construtibilidade se aplica somente à engenharia civil?** Não. Em projetos multidisciplinares, ela também avalia instalação de equipamentos, rotas, interfaces elétricas e de comunicação, integração, testabilidade, manutenção, migração e continuidade operacional. **Qual é a diferença entre construtibilidade e compatibilização de projetos?** A compatibilização identifica conflitos entre disciplinas e documentos. A construtibilidade verifica se a solução integrada pode ser transportada, montada, conectada, testada, operada e mantida nas condições reais do

empreendimento. **O que é uma constructability review?** É uma revisão estruturada e multidisciplinar que examina documentos, modelos, condições de campo, sequência, logística, acessos, métodos, riscos e critérios de aceite para identificar e resolver limitações de implantação. **Quando deve ser feita a análise de construtibilidade?** Ela deve começar nas fases iniciais e ser aprofundada no FEED, Projeto Básico, Projeto Executivo, procurement, execução e comissionamento, conforme aumenta a maturidade e o comprometimento do projeto. **Clash detection garante a construtibilidade?** Não. A detecção de colisões ajuda a identificar interferências geométricas, mas não avalia sozinho sequência, acesso, logística, desligamentos, segurança, testabilidade, manutenção ou condições operacionais. **Um comentário de construtibilidade autoriza alterar o projeto?** Não. Quando o comentário exige mudança de requisito, solução, interface ou configuração, ele deve ser analisado e aprovado pelo processo de Engineering Change Management e pelas alçadas técnicas e contratuais aplicáveis. **Como aplicar construtibilidade em retrofit?** É necessário validar o existente, identificar incertezas, projetar fases e estados temporários, planejar janelas, contingências e rollback, preservar continuidade, controlar mudanças de campo e consolidar a configuração final no As-Built.

[6.7. WHITEPAPERS](#)

[6.8. ARTIGOS TÉCNICOS](#)

[6.9. GUIAS TÉCNICOS](#)

[6.10. SERVIÇOS RELACIONADOS](#)

[6.11. SOLUÇÕES RELACIONADAS](#)

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.