

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA DETECÇÃO DE CAUSAS
PATOLÓGICAS NA CONTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**

RENATO DA SILVA CARDOSO

**Botucatu, SP
2020**

**FACULDADE GALILEU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA DETECÇÃO DE CAUSAS
PATOLÓGICAS NA CONTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**

RENATO DA SILVA CARDOSO

**Botucatu, SP
2020**

RENATO DA SILVA CARDOSO

**O USO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NA DETECÇÃO DE CAUSAS
PATOLÓGICAS NA CONTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO**

**Artigo Científico apresentado à Faculdade
Galileu como requisito para a conclusão do
Curso de Engenharia Civil.**

**Aprovado em ____ de _____ de 2020,
pela Banca Examinadora do Curso de
Engenharia Civil, constituída pelos membros:**

Prof. Me. Diego Augusto Valverde
Orientador

Juliana Zacarias Fabre Tebaldi
Professora

**Botucatu, SP
2020**

SUMÁRIO

RESUMO.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
1.1. Justificativa.....	3
1.2. Objetivo.....	4
1.3. Metodologia.....	4
2. DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS.....	6
2.1. Revisão de literatura.....	6
2.2. A perícia técnica.....	7
2.3. Preenchimento do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR).....	8
2.4. Demonstração dos resultados.....	14
2.5. Formulário de investigação da causa raiz (FICR) preenchido.....	15
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
4. REFERÊNCIAS.....	20

RESUMO

O objetivo deste artigo é criar e padronizar de maneira sistemática uma metodologia de análise e investigação aprofundada das causas das patologias na construção civil utilizando as ferramentas da qualidade. Essa metodologia será chamada no presente artigo de Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR) que é uma compilação de três das Ferramentas da Qualidade: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, Técnica dos Cinco Porquês.

A metodologia adotada foi a análise de uma manifestação patológica encontrada em um imóvel, tipo casa de moradia, situado no bairro Convívio Parque Residencial- Botucatu. A análise foi realizada por um grupo de cinco alunos do quinto ano da turma de Engenharia Civil da referida faculdade, munidos do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR), que foi preenchido pelo grupo in loco.

O laudo feito em conjunto pelos alunos com a síntese das causas raízes foi: “Trincas na alvenaria e reboco causadas por recalque da estrutura devido à falta de projeto estrutural de fundação e sondagem do solo, agravadas pela execução de profissionais sem treinamento (construtor e servente) ”.

Concluiu-se que a ferramenta Formulário de investigação da causa raiz (FICR), apresentou resultados satisfatórios na investigação de causas raízes de manifestações patológicas na construção Civil.

Palavras-chave: Causa Raiz, Patologia, Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, Técnica dos Cinco Porquês.

1. INTRODUÇÃO.

Estudos constataram um crescente número de reclamações referente a manifestações patológicas em empreendimentos prediais na última década, grande parte deve se ao entendimento dos consumidores de seus direitos, apoiados pelas instituições de defesa do consumidor, tais reclamações tem levado as construtoras e seus engenheiros a repensarem os métodos construtivos, pois o alto custo de recuperação dessas manifestações patológicas, aliado ao transtorno causado, tem levado diversas construtoras a falência.

Um fator preocupante é a quantidade de diagnósticos errados das causas das patologias, pois muitas vezes a investigação é realizada de forma superficial, não sendo realizado uma abordagem ampla do problema, levando a tratativa ao efeito e não a causa, com isso há um “mascaramento” do problema que tende a retornar, agravando os custos e o tempo de reparo.

O presente trabalho mostra como o uso das ferramentas da qualidade: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, técnica dos cinco porquês, empregadas com sucesso na indústria automotiva e aeronáutica, podem melhorar na assertividade desses diagnósticos, minimizando os custos com reparos.

1.1. Justificativa.

Dado o alto custo despendido pelas construtoras na correção das patologias e o transtorno causado a seus clientes criando uma imagem negativa, faz se necessário a busca por métodos que melhorem a detecção das causas patológicas, não apenas para execução do reparo mas também para adoção do método como uma boa prática afim de prevenir a reincidência da patologia em outros empreendimentos, tornando essa necessidade não apenas um diferencial mais sim uma questão de sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo.

O presente artigo propõe o uso de uma combinação das principais ferramentas da qualidade na investigação das causas patológicas de uma maneira mais aprofundada, com o intuito de estabelecer a causa raiz, ou seja, a causa

principal, a que levou o desencadeamento das demais causas da patologia em estudo.

O projeto consiste em agrupar as ferramentas da qualidade aplicáveis: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa, Técnica dos cinco porquês, em um formulário, que poderá ser em arquivo digital ou impresso, o qual será preenchido pelos envolvidos na análise da patologia em questão preferencialmente in loco.

O formulário resultante deste artigo auxiliará engenheiros, peritos e construtores na análise de patologias encontradas no dia a dia de um canteiro de obras.

1.2. Objetivo.

O objetivo do projeto proposto é criar e padronizar de maneira sistemática uma metodologia de análise e investigação aprofundada das causas das patologias na construção civil, facilitando a análise por parte dos engenheiros, peritos, e construtores, afim de executar o reparo de maneira mais assertiva, mitigando seu custo que geralmente não é esperado dentro do cronograma de manutenções do empreendimento.

De uma forma mais ampla a ferramenta proposta neste artigo, visa proporcionar um diferencial competitivo nas empresas que o adotarem, pois ao médio e longo prazo os custos com a manutenção e com os reparos serão diminuídos, além da melhora da imagem de mercado dessas empresas, com a diminuição do índice de reclamações junto aos órgãos de proteção ao consumidor.

1.3. Metodologia.

A metodologia adotada foi a análise de uma manifestação patológica encontrada em um imóvel, casa de moradia do Senhor Ozair Cardoso e família, situado no bairro Convívio Parque Residencial, Botucatu. A análise foi realizada por um grupo de cinco alunos do quinto ano da turma de Engenharia Civil (Renato Cardoso, Luís Adauto, Thiago Tobias, Lucas Souza e José Reinaldo) da referida faculdade, munidos do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR), que foi

preenchido pelo grupo in loco. Após o preenchimento o formulário foi validado pelo engenheiro perito, Senhor Alexandre Correa.

O Formulário possui três partes, de acordo com as três ferramentas adotadas: Brainstorming, Diagrama de Ishikawa e Técnica dos cinco porquês. Na primeira etapa foi aplicado o Brainstorming, onde após a análise da patologia no local foram anotadas todas as potenciais causas identificadas pela equipe, inumeradas em ordem crescente. Na etapa dois as causas abordadas na etapa um, foram submetidas ao Diagrama de Ishikawa, onde foram divididas pelos respectivos escopos: Método, Material, Mão de obra, Maquinas, Medidas e Meio ambiente para facilitar a análise. E por fim, na terceira etapa foi aplicado a Técnica dos Cinco Porquês a cada potencial causa remanescente de acordo com seu escopo, até esgotar o questionamento, chegando na causa raiz.

Após o preenchimento do formulário e definido a causa raiz da patologia o mesmo foi disponibilizado ao proprietário, que fará o orçamento do reparo estabelecido com construtores de sua confiança. O retrabalho será acompanhado pelo aluno Renato Cardoso, com o acompanhamento técnico do engenheiro Alexandre Correa.

2. DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS

2.1. Revisão de literatura.

Embora todos participantes da perícia conhecessem os principais tipos de patologias e as Ferramentas da Qualidade a serem utilizadas, foi importante uma revisão dos conceitos abordados em cada ferramenta para facilitar a aplicação das mesmas.

De acordo com Gonçalves (2015):

“O termo “patologia”, no contexto da Construção Civil, está alinhado com a definição encontrada na Medicina, na qual estudam-se as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venha prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes)”.

Furlin (2017) acrescenta que uma vez notada à patologia, a identificação do motivo é imprescindível para que se possam evitar novas manifestações, prevenindo reparos, economizando custos e aumentando a satisfação dos usuários.

A respeito da eficiência das Ferramentas da Qualidade a serem utilizadas neste estudo de caso, Mariani (2005) ressalta:

“Existem técnicas importantes e eficazes, denominadas de ferramentas da qualidade, capazes de propiciar a coleta, o processamento e a disposição clara das informações disponíveis, ou dados relacionados aos processos gerenciados dentro das organizações”.

No entanto, Kuendee (2017) relata que as ferramentas da qualidade podem ser utilizadas em qualquer fase do projeto, desde seu planejamento, no processo produtivo até durante o serviço de atendimento ao cliente após a entrega do produto.

Referente ao Brainstorming, a primeira ferramenta a ser utilizada no estudo, Godoy (1997) afirma que o mesmo tem como característica oferecer resultados menos tendenciosos que as técnicas individuais, estimulando a utilização do potencial criativo e de originalidade de cada indivíduo e identificar oportunidades ou melhores alternativas para o aperfeiçoamento.

Para Junior (2010), o Brainstorming ou tempestade de ideias é um processo no qual um grupo em que os indivíduos emitem ideias de forma livre, sem

críticas, no menor espaço de tempo possível, sobre determinado tema apresentado.

Já sobre o Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito, criado por Kaoru Ishikawa, que trata-se de uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo ou efeito, e as causas do processo que possam de alguma forma afetar o resultado do mesmo, é uma ferramenta eficaz para a enumeração das possíveis causas de um determinado problema, segundo Ishikawa (1993).

Junior (2010) salienta que no Diagrama de Ishikawa, as causas são agrupadas por categorias e semelhanças previamente estabelecidas ou percebidas durante o processo de classificação. A grande vantagem é que se pode atuar de modo mais específico e direcionado no detalhamento das causas possíveis.

No tocante a técnica dos Cinco Porquês, a terceira e última ferramenta de estudo, podemos afirmar que:

A técnica dos cinco Porquês tem seu funcionamento bastante simples, pois propõe sistematicamente a pergunta sempre fundamentada por um “por quê” em busca da causa raiz do problema, ou seja, sua verdadeira causa. Nem sempre é necessário realmente executar todas as cinco perguntas, pois a causa pode ser identificada com poucos questionamentos quando o problema é mais superficial do que aparenta; Seleme (2010).

Segundo Dos Anjos (2012), a técnica dos cinco “por quês” consiste em uma técnica capaz de identificar as principais causas para um determinado problema, o que evita um foco desnecessário em solucionar os efeitos. Tal técnica consiste em, assim que identificado o problema, questionar por que tal fato ocorre até que se alcance sua causa raiz.

2.2. A perícia técnica.

Com os conceitos das ferramentas a serem aplicadas revistos, foi agendado um dia para execução da perícia no imóvel, o dia escolhido para perícia foi o sábado, 8 de fevereiro do referido ano. (Figura1).



Figura1: Trincas no reboco e alvenaria.

Embora o imóvel possuísse mais manifestações patológicas, a escolhida para a aplicação do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR), foram duas trincas similares localizadas nos cantos superiores e inferiores da janela da cozinha e da sala de estar.

Após aproximadamente uma hora de inspeção no imóvel, principalmente nas regiões das trincas, com ajuda de alguns equipamentos como trena e paquímetro foram constatadas a trinca A com as seguintes dimensões (Trinca A: espessura máxima = 2,8 mm, comprimento = 138 cm) e a trinca B com dimensões de (Trinca B: espessura máxima = 2,2 mm, comprimento = 112 cm).

2.3. Preenchimento do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR).

De posse dos dados obtidos foi iniciado o preenchimento do Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR). A primeira etapa foi a realização do Brainstorming para definição das potenciais causas das trincas, as causas apontadas pela equipe foram:

- a) Falta de contravergas.
- b) Contravergas mal executadas.
- c) Argamassa de reboco “pobre”.
- d) Argamassa de assentamento “pobre”.
- e) Falta de viga baldrame.
- f) Viga baldrame subdimensionada (Armadura e concreto).
- g) Concreto “pobre”.
- h) Falta de estacas.
- i) Estacas subdimensionadas (Armaduras e concreto).
- j) Estacas rasas.
- k) Falha na sondagem do solo.
- l) Falta de sondagem do solo.
- m) Solo colapsável.

Nesta primeira etapa do Brainstorming foram levantadas 13 possíveis causas para as trincas na alvenaria e reboco. Convém lembrar que nessa etapa são registradas todas as opiniões dos participantes, não tendo nenhum fator de classificatório para as mesmas.

Na etapa seguinte foi aplicado a ferramenta Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito, classificando as 13 possíveis causas identificadas na etapa anterior de acordo com os seis escopos abordados pela ferramenta: Máquina, Medida, Meio ambiente, Mão de obra, Método e Material que causaram o Efeito trincas na alvenaria e reboco. (Figura 2).

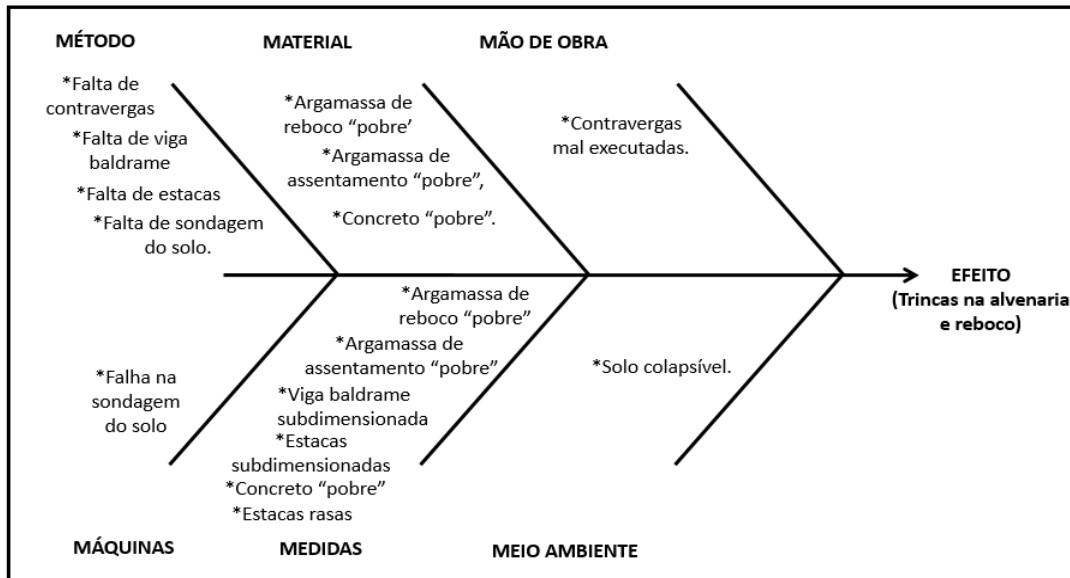


Figura 2: Diagrama de Ishikawa do estudo de caso.

- Máquina: Falha na sondagem do solo.
- Medida: Argamassa de reboco "pobre", Argamassa de assentamento "pobre", Viga baldrame subdimensionada (Armadura e concreto), Concreto "pobre", Estacas subdimensionadas (Armaduras e concreto), Estacas rasas.
- Meio ambiente: Solo colapsível.
- Mão de obra: Contravergas mal executadas.
- Método: Falta de contravergas, Falta de viga baldrame, Falta de estacas, Falta de sondagem do solo.
- Material: Argamassa de reboco "pobre", Argamassa de assentamento "pobre", Concreto "pobre".

Nesta etapa foi observado que, o escopo que mais obteve possíveis causas foi o Medidas ou Medição como é chamado em algumas literaturas, com 6 possíveis causas. Embora tenha obtido o maior número de possíveis causas, não quer dizer que a causa raiz, pertença a este escopo, isso apenas aponta que se o objetivo do estudo fosse atacar o escopo que apresentasse maior número de causas, poderíamos adotar esse escopo como prioridade para tratarmos eventuais causas.

Outro fator observado foi que existem potenciais causas que podem ser referenciadas em diferentes escopos, como as causas: Argamassa de reboco "pobre", Argamassa de assentamento "pobre", Concreto "pobre", que podem ser atribuídas ao escopo de Medidas ou Material, pois embora na Engenharia Civil seja utilizado o termo

“pobre” para determinar uma argamassa ou concreto com baixa dosagem de cimento, podemos também trabalhar com a hipótese de um Material como no caso o cimento de baixa qualidade ou fora do prazo de validade, que são fatores que comprometem o desempenho do produto em questão.

Nessas duas primeiras etapas não foi utilizado nenhum critério eliminatório para as potenciais causas, no entanto como o objetivo do presente estudo é definir uma ou mais causas raízes, para iniciar a terceira etapa (Técnica dos cinco Porquês) foi necessário a aplicação para eliminação de algumas causas.

O critério eliminatório adotado foi uma investigação mais aprofundada do problema, com a autorização do proprietário foram feitas remoções do reboco nas regiões das trincas e uma pequena escavação para avaliação da fundação do imóvel e também uma entrevista com o proprietário para descobrir o histórico construtivo do imóvel. Dessa forma chegou as seguintes definições:

- a) Falta de contravergas: Descartada, comprovada existência de contravergas
- b) Contravergas mal executadas: Mantida, pois existiam contravergas embora não estivessem executadas conforme a norma técnica.
- c) Argamassa de reboco “pobre”: Descartada, embora não fora executado nenhum ensaio, verificou-se boa consistência da argamassa.
- d) Argamassa de assentamento “pobre”: Descartada, embora não fora executado nenhum ensaio, verificou-se boa consistência da argamassa.
- e) Falta de viga baldrame: Descartada, comprovada existência de viga baldrame.
- f) Viga baldrame subdimensionada (Armadura e concreto): Mantida, pois foi verificado variações na seção da viga.
- g) Concreto “pobre”: Mantida, embora não fora executado nenhum ensaio, verificou-se facilidade na ruptura do mesmo.
- h) Falta de estacas: Descartada, comprovada existência de estacas.
- i) Estacas subdimensionadas (Armaduras e concreto): Mantida, embora não foi possível a inspeção em toda extensão da estaca.
- j) Estacas rasas: Mantida, embora não foi possível a inspeção em toda extensão da estaca.
- k) Falha na sondagem do solo: Descartada, pois segundo o proprietário não

foi executado a sondagem.

- l) Falta de sondagem do solo: Mantida, pois não foi executado a sondagem.
- m) Solo colapsível: Descartada, devido ao fato de existirem outras construções no terreno que não apresentem os mesmos tipos de manifestações patológicas.

Após a aplicação do critério de eliminação das causas, permaneceram 6 possíveis causas:

- a) Contravergas mal executadas.
- b) Viga baldrame subdimensionada (Armadura e concreto).
- c) Concreto “pobre”.
- d) Estacas subdimensionadas (Armaduras e concreto).
- e) Estacas rasas.
- f) Falta de sondagem do solo.

É conveniente lembrar que esta análise foi feita respeitando a opinião de todos participantes da equipe, de modo que a permanência ou a exclusão da possibilidade de causa, foi feita em consenso.

Com um número menor de possíveis causas, foi aplicado a terceira ferramenta denominada Técnica dos cinco Porquês.

P1 a): Por que as contravergas foram mal executadas?

R1 a): Porque elas não estavam executadas conforme a norma técnica.

P2 a): Por que as contravergas não foram executadas conforme a norma técnica?

R2 a): Porque o construtor não conhecia a norma técnica.

P3 a): Por que o construtor não conhecia a norma técnica?

R3 a): Porque o construtor não recebeu treinamento.

Neste caso até caberia mais um questionamento, porém seria necessário a presença do construtor, como isso não foi possível, ficou estabelecido que a causa raiz da potencial causa (a) foi a falta de treinamento do construtor.

P1 b): Por que as vigas baldrame foram subdimensionadas?

R1 b): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 b): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 b): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 b): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 b): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 b): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 b): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

Embora fosse possível mais questionamentos, eles sairiam do foco da causa patológica em questão e passariam a ser causas pessoais, desta forma ficou definido que a causa raiz da potencial causa (b), foi a falta da contratação de um engenheiro responsável, a chamada autoconstrução.

P1 c): Por que foi utilizado concreto “pobre” na fundação do imóvel?

R1 c): Porque o sistema de dosagem não era robusto para mistura do traço especificado.

P2 c): Por que o sistema de dosagem não era robusto?

R2 c): Porque foi utilizado uma pá para medição dos materiais e não uma lata ou balança.

P3 c): Por que foi utilizado uma pá para medição dos materiais?

R3 c): Porque o servente achou mais prático para carregar a betoneira.

Do mesmo modo que na causa (b), se continuado o questionamento, levaria a uma causa pessoal, assim foi definido que a causa raiz (c) foi a simplificação indevida do modo de carregamento da betoneira pelo servente, utilizando a pá para carrega-la.

P1 c): Por que as estacas foram subdimensionadas?

R1 c): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 c): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 c): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 c): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 c): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 c): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 c): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

No estudo da causa potencial (d), repetiu a causa raiz da causa (b) que foi a falta da contratação de um engenheiro responsável para a obra.

P1 e): Por que as estacas foram executadas rasas?

R1 e): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 e): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 e): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 e): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 e): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 e): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 e): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

Novamente repetiu a causa raiz (b), que foi a falta de contratação de um engenheiro.

P1 f): Por que não foi executada a sondagem do solo?

R1 f): Porque o construtor julgou não ser necessário.

P2 f): Por que o construtor julgou não ser necessário?

R2 f): Por se tratar de uma obra simples (sem grandes requisitos estruturais).

Como relatado anteriormente na causa (a) essas respostas foram colhidas em entrevista ao proprietário sem a participação do construtor, o que seria a melhor forma, por isso decidimos parar o questionamento no segundo porquê, e definimos como causa raiz a falta de treinamento do construtor e o excesso de confiança.

2.4. Demonstração dos resultados.

Feito uma compilação das causas raízes (CR) encontradas:

CR a): Falta de treinamento do construtor.

CR b), d) e e): Falta da contratação de um engenheiro responsável.

CR c): Simplificação indevida do modo de carregamento da betoneira.

CR f): Falta de treinamento e excesso de confiança do construtor.

Foi observado que a principal causa raiz encontrada foi a falta de um engenheiro responsável pela obra, que repetiu três vezes, porém as demais causas raízes colaboraram para o agravamento da manifestação patológica (trincas na alvenaria e reboco).

Deste modo o laudo feito em conjunto pelos alunos em síntese das causas raízes foi: "Trincas na alvenaria e reboco causadas por recalque da estrutura devido à falta de projeto estrutural de fundação e sondagem do solo, agravadas pela

execução de profissionais sem treinamento (construtor e servente).

Como forma de validação do presente estudo, o Formulário de Investigação da Causa Raiz (FICR) foi apresentado a um engenheiro perito, Senhor Alexandre Correa que validou os dados e o laudo obtido.

2.5. Formulário de investigação da causa raiz (FICR) preenchido.

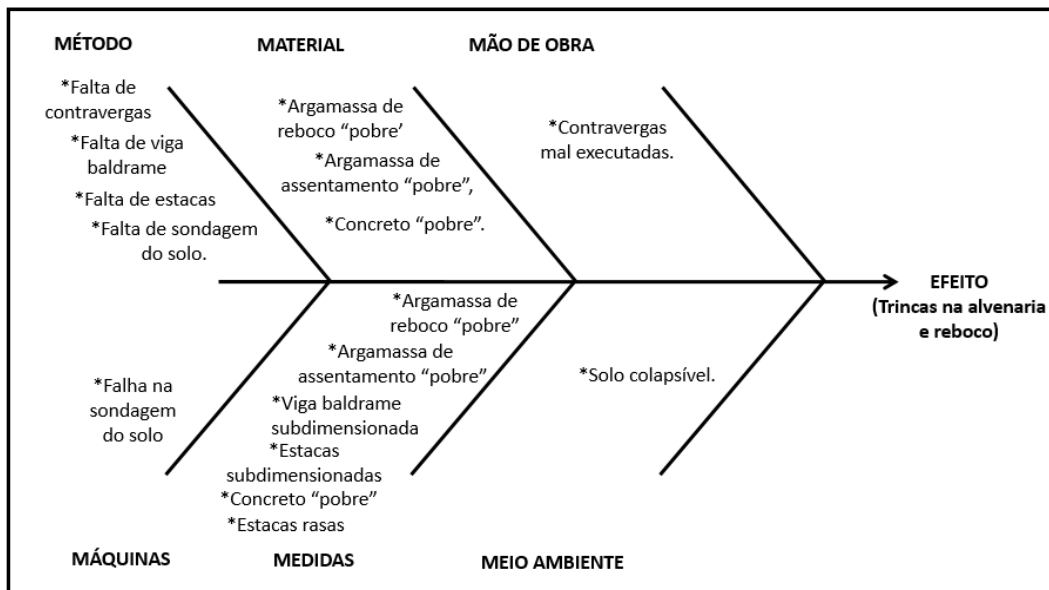
FORMULÁRIO DE INVESTIGAÇÃO DA CAUSA RAIZ (FICR).

Participantes:	Cargo:
Renato da Silva Cardoso	Aluno
Luís Aduauto Prado	Aluno
Thiago Augusto Tobias	Aluno
Lucas Henrique de Souza	Aluno
José Reinaldo de Almeida	Aluno

1- DETECÇÃO DE POTENCIAIS CAUSAS (**BRAINSTORMING**)

- a) Falta de contravergas.
- b) Contravergas mal executadas.
- c) Argamassa de reboco “pobre”.
- d) Argamassa de assentamento “pobre”.
- e) Falta de viga baldrame.
- f) Viga baldrame subdimensionada (Armadura e concreto).
- g) Concreto “pobre”.
- h) Falta de estacas.
- i) Estacas subdimensionadas (Armaduras e concreto).
- j) Estacas rasas.
- k) Falha na sondagem do solo.
- l) Falta de sondagem do solo.
- m) Solo colapsível.

2- DISTRIBUIÇÃO DAS CAUSAS CONFORME ESCOPO (DIAGRAMA DE ISHIKAWA).



3- DETECÇÃO DA CAUSA RAZ (TÉCNICA DOS CINCO PORQUÊS).

Causa a):

P1 a): Por que as contravergas foram mal executadas?

R1 a): Porque elas não estavam executadas conforme a norma técnica.

P2 a): Por que as contravergas não foram executadas conforme a norma técnica?

R2 a): Porque o construtor não conhecia a norma técnica.

P3 a): Por que o construtor não conhecia a norma técnica?

R3 a): Porque o construtor não recebeu treinamento.

Causa b):

P1 b): Por que as vigas baldrame foram subdimensionadas?

R1 b): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 b): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 b): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 b): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 b): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 b): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 b): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

Causa c):

P1 c): Por que foi utilizado concreto “pobre” na fundação do imóvel?

R1 c): Porque o sistema de dosagem não era robusto para mistura do traço especificado.

P2 c): Por que o sistema de dosagem não era robusto?

R2 c): Porque foi utilizado uma pá para medição dos materiais e não uma lata ou balança.

P3 c): Por que foi utilizado uma pá para medição dos materiais?

R3 c): Porque o servente achou mais prático para carregar a betoneira.

Causa d):

P1 d): Por que as estacas foram subdimensionadas?

R1 d): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 d): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 d): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 d): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 d): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 d): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 d): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

Causa e):

P1 e): Por que as estacas foram executadas rasas?

R1 e): Porque elas não foram calculadas devidamente.

P2 e): Por que elas não foram calculadas devidamente?

R2 e): Porque não foi feito um projeto com cálculo estrutural.

P3 e): Por que não foi feito um projeto com cálculo estrutural?

R3 e): Porque a obra não tinha um engenheiro responsável.

P4 e): Por que a obra não tinha um engenheiro responsável?

R4 e): Porque o proprietário não contratou um engenheiro para projetar a obra.

Causa f):

P1 f): Por que não foi executada a sondagem do solo?

R1 f): Porque o construtor julgou não ser necessário.

P2 f): Por que o construtor julgou não ser necessário?

R2 f): Por se tratar de uma obra simples (sem grandes requisitos estruturais).

4- LAUDO/ PARECER TÉCNICO:

Trincas na alvenaria e reboco, causadas por recalque da estrutura devido à falta de projeto estrutural de fundação e sondagem do solo, agravadas pela execução de profissionais sem treinamento (construtor e servente).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluiu-se que a ferramenta Formulário de investigação da causa raiz (FICR), apresentou resultados satisfatórios na investigação de causas raízes de manifestações patológicas na construção Civil, embora sua aplicação demande de um bom conhecimento das Ferramentas da Qualidade por parte de seus aplicadores. Outra dificuldade encontrada foi devido ao fato das manifestações patológicas acontecerem anos após a execução da obra, acarretando numa perda significativa das informações do ato da execução da obra o que compromete a assertividade da causa raiz, sendo recomendável que seja feito um relatório fotográfico das etapas de execução da obra para arquivamento e consulta nos casos de ocorrência de manifestações patológicas.

4. REFERÊNCIAS

DOS ANJOS, Marcelo Carvalho et al. O uso do método PDCA e de ferramentas da qualidade na gestão da agroindústria no estado de Mato Grosso do Sul. *Agrarian*, v. 5, n. 15, p. 75-83, 2012.

FURLIN, Gustavo Kucher. Estudo das patologias encontradas em revestimentos cerâmicos na universidade alto vale do rio do peixe. Caçador, 2017

GODOY, Maria Helena Pádua Coelho de. Brainstorming – como atingir metas. Belo Horizonte: FCO, 1997.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

ISHIKAWA, K. Controle de qualidade total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JUNIOR, Isnard Marshall, et al. Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

KUENDEE, Punyisa. Application of 7 quality control (7 QC) tools for quality management: A case study of a liquid chemical warehousing. In: 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA). IEEE, 2017. p. 106-110.

MACHADO, Daniela. Investigação das manifestações patológicas mais incidentes em edificações habitacionais de alvenaria estrutural com até cinco anos de uso. Engenharia Civil-Tubarão, 2017.

MARIANI, Celso Antônio. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. *RAI-Revista de Administração e Inovação*, 2005, 2.2: 110-126.

NBR, ABNT. 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

NBR, ABNT. 10520: Informação e documentação-Citações em documentos-Apresentação. Rio de Janeiro, RJ, 2002a, 2002.

NBR, ABNT. 6023: Informação e documentação–Referências–Elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

SELEME, Robson Humberto Stadler. Controle da qualidade: As ferramentas essenciais, 3 ed. - Curitiba: IBPEX, 2010.