



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ANÁLISE PROBABILÍSTICA E MAPEAMENTO DA ORIGEM DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS NO PÓS OBRA¹

ARANTES, Gustavo M. (1); FERREIRA, Ruany (2); BRANDSTETTER, Maria Carolina G. O.
(3)

(1) UFG, e-mail: gustavo83eng@gmail.com; (2) UFG, e-mail: ruany.fp@gmail.com; (3)
UFG, e-mail: maria.carolina@uol.com.br

RESUMO

O mercado da construção civil sinaliza a necessidade de redução de gastos com atividades que não agregam valor como as falhas no pós obra. Este trabalho apresenta uma análise probabilística de falhas detectadas em solicitações de assistência técnica de empreendimentos residenciais de médio e alto padrão, e o mapeamento da origem de tais manifestações patológicas. O método abrangeu um levantamento de 800 unidades residenciais em uma empresa construtora na cidade de Goiânia, com recorte metodológico nos sistemas prediais hidrossanitários, por apresentar o maior número de solicitações. As falhas foram organizadas nas categorias: vazamento, entupimento, mau cheiro, problemas com material e pressão. Os resultados indicaram 22% de chances de ocorrer pelo menos um tipo de falha em cada sistema. A categoria de vazamento foi a de maior probabilidade de ocorrência, seguida de entupimento. Quanto à origem, as quatro categorias de falhas foram analisadas por desdobramento tipo top down. Os resultados apontaram o projeto (em função da técnica, detalhamento, comunicação visual e compatibilização) com maior quantidade de possibilidades de falhas. A contribuição da pesquisa se encontra no método, que colabora para o gerenciamento do risco em especial associado a um dos sistemas de maior impacto no pós-obra e na satisfação do usuário.

Palavras-chave: Gerenciamento de risco. Manifestações patológicas. Sistemas Prediais Hidrossanitários. Mapeamento de falhas.

ABSTRACT

The construction market signals the need to reduce spending on activities that do not add value as failures in the post work. This paper presents probabilistic failures analysis detected in technical assistance requests from residential projects of medium and high standard, and the mapping of pathological manifestations origin. The method covered a survey of 800 residential units in a construction company in Goiânia, and methodological approach to plumbing systems, because of the largest number of requests. Failures were organized in categories: leakage, clogging, smelly, materials and pressure problems. The results showed 22% of chances of occurring at least one type of failure in each system. The leak category was the greater probability of occurrence, followed by clogging. As to the origin, the four failure categories were analyzed by diagram top down. The results pointed out the project (in technical function, detail, visual communication and compatibility) with greater failure possibilities. The research contribution is the method, which collaborates for risk management associated to one of the systems with greatest impact on post-work and user satisfaction.

¹ ARANTES, G. M.; FERREIRA, R.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Análise probabilística e mapeamento da origem de manifestações patológicas identificadas no pós obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: Risk management. Pathologies. Plumbing system. Mapping failures.

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil, em um cenário de desaceleração, sinaliza a necessidade de redução de gastos com atividades que não agreguem valor ao empreendimento e à garantia de satisfação do cliente. Os custos com reparos provenientes de assistência técnica, ou seja, falhas identificadas pelo cliente na etapa pós obra, prejudicam a empresa tanto no aspecto financeiro quanto no mercadológico.

Ainda que a preocupação relativa às manifestações patológicas e vícios construtivos tenha sido reforçada pela norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013) e o planejamento das intervenções preventivas estabelecidas na NBR 5674 (ABNT, 2012), existe ainda um grande espaço para pesquisas em relação às assistências técnicas e como os dados associados ao pós obra podem fornecer informações para a melhoria dos processos e minimização de falhas.

Algumas pesquisas que trataram sobre as origens das manifestações patológicas em ambientes construídos focaram os dados de assistência técnica. Fantinatti (2008) e Brito (2009) concluem em seus trabalhos pela importância da reutilização do conhecimento proveniente das atividades de assistência técnica. Na pesquisa de Cupertino e Brandstetter (2015), que trataram desta reutilização do conhecimento, os autores analisaram cerca de 3000 solicitações de assistência técnica de empreendimentos residenciais, confirmando a importância da correta análise de tais registros para permitir a retroalimentação que gera a melhoria contínua dos sistemas de gestão.

Cupertino e Brandstetter (2015) apontaram os serviços relacionados aos Sistemas Prediais Hidrossanitários (SPHS) como os de maior frequência entre as solicitações pós-obra. Gnipper (2010) em seu estudo acerca dos SPHS afirma que as manifestações patológicas são todas aquelas cujas consequências físicas são perceptíveis por meio dos sentidos humanos, sendo que em edificações apresentam-se de forma característica como: vazamentos a partir de tubulações; mau cheiro proveniente de desconectores; oscilações de pressão e vazão das águas fria e quente durante o uso de aparelhos sanitários dotados de misturadores; ruídos devido a escoamento de líquidos e durante a utilização de aparelhos sanitários.

Alguns estudos que trataram das falhas de desempenho nas edificações definem uma setorização macro das origens, geralmente com classificação relacionada às grandes fases do empreendimento, porém sem o aprofundamento no estudo das causas e da relação entre elas (HENRIQUES, 2001; HELENE; PEREIRA, 2007; FERREIRA, 2009).

A análise proposta neste trabalho busca apresentar o emprego de ferramentas probabilísticas para determinar de forma quantitativa as causas das manifestações patológicas, além de um mapeamento para apontar as possíveis origens de tais falhas, associando-as a subcausas relativas ao

projeto e à execução. Para cumprir o objetivo, um recorte metodológico foi feito, aplicando-se o método aos dados relativos aos SPHS.

A pesquisa contribui para suprir a necessidade da utilização de mecanismos que permitam reduzir as falhas e identificar suas origens para que estas não cheguem até o consumidor final, auxiliando o gerenciamento de risco quanto ao método que permite auxiliar tomadas de decisão por parte dos gestores quanto a prioridades de atuação preventiva.

2 SÍNTESE DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentro da grande área temática do gerenciamento de risco no âmbito da indústria da construção, os trabalhos abrangem objetos de estudos específicos como o risco relacionado ao prazo e custos (ABDELGAWAD; FAYEK, 2010), fatores humanos (CHI; LIN; DEWI, 2014), práticas de gestão do risco (CHOUDHRY; IQBAL, 2013; FIANKO; CHILESHE, 2015), entre outros estudos.

Quanto aos métodos e ferramentas para análise dos riscos, existe uma relevante quantidade de abordagens empregadas pelos estudos. Louro e Pugirá (2015) listaram 283 diferentes termos envolvendo tais métodos em seu estudo incluindo 100 artigos relacionados ao tema. Entre estes, os termos contingência e resposta ao risco foram apontados como os termos mais frequentes. Entre as técnicas, o uso de diagramas, *checklists* e distribuição de probabilidade aparecem entre as de maior frequência. Cabe ressaltar que estes estudos tinham o foco do risco em projetos.

A análise do risco com enfoque em sistemas aparece em estudos mais específicos como o de Chen *et al* (2015) que trataram de um método para avaliação de sistemas de fornecimento de água na China baseado em AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Há pouca evidência de estudos que trataram no âmbito do risco, dados provenientes de assistência técnica para retroalimentação dos demais agentes do sistema de gestão na construção como o trabalho de Cupertino e Brandstetter (2015) e Fantinatti (2008).

A retroalimentação dos dados a partir de dados provenientes da grande etapa de uso e manutenção são mais comuns em estudos de avaliação pós-ocupação com ênfase no desempenho e no fluxo de informação entre as diversas etapas, como o trabalho de Göçer, Hua e Göçer (2015).

No que tange ao mapeamento de causas de falhas em edificações, as pesquisas indicam uma categorização macro das origens abrangendo as grandes fases do empreendimento: planejamento, projeto, materiais, execução e uso/manutenção (HENRIQUES, 2001; HELENE; PEREIRA, 2007; FERREIRA, 2009). Foi percebida a lacuna no aprofundamento destas origens.

3 METODO DE PESQUISA

Esta pesquisa está sendo realizada no nível de mestrado e inclui uma investigação maior acerca do tema. Para este trabalho, o método de

pesquisa foi baseado nas etapas que se seguem.

O intuito da revisão bibliográfica foi buscar os enfoques dentro da área temática de gerenciamento de risco no âmbito da construção. Uma busca maior foi dada às pesquisas que trataram do recorte da pesquisa – métodos de análise do risco em sistemas e estudos com dados de assistência técnica.

Na etapa do estudo de campo, foi efetuado o levantamento em um banco de dados de assistência técnica disponibilizado por uma construtora da cidade de Goiânia. Foi definida a limitação dos dados referentes aos sistemas prediais hidrossanitários, por apresentarem maior frequência no banco de dados disponibilizado.

A empresa possui atuação exclusiva no Estado de Goiás e sistema de gestão certificado (ISO 9001 e PBQPh Nível A). Os dados coletados nos anos de 2012 e 2013 são oriundos de três empreendimentos residenciais verticais, pertencentes ao mesmo segmento de mercado (médio padrão) e tipologias similares (quanto ao projeto, área privativa e padrão), totalizando 800 unidades habitacionais.

Foi realizada uma listagem das principais manifestações patológicas detectadas e os dados de assistência técnica foram organizados com base nos itens mais recorrentes, os quais foram agrupados de acordo com a natureza da falha. Cada grupo de manifestações patológicas foi submetido à análise probabilística e o mapeamento de causas pautado nas origens referentes a projetos ou execução.

3.1 Análise probabilística dos dados

Na amostra de 800 unidades habitacionais, observou-se 196 problemas que podem ter relação com SPHS, representando 24,50% do espaço amostral. As solicitações foram listadas por tipo de problema.

Para calcular a probabilidade de cada falha ocorrer foi utilizada a Equação 1, onde $P(B)$ é a probabilidade de ocorrer o evento B, $\#\Omega$ é o espaço amostral e $\#B$ é o número de eventos favoráveis (CORREA, 2013).

$$P(B) = \frac{\#B}{\#\Omega} \quad (1)$$

Para análise de falha no sistema, foi utilizado o cálculo de probabilidade do tipo OU, tendo em vista que o sistema é mutuamente independente, sendo que a ocorrência de um evento não interfere na ocorrência do outro (BATISTA; GOMES; BALTAZAR, 2012). O cálculo foi realizado a partir da relação de união entre os eventos, utilizando a Equação 2.

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) \quad \text{Onde} \quad P(A \cap B) = P(A) \times P(B) \quad (2)$$

Os eventos foram organizados por categorias: vazamento, entupimento, mau cheiro, problemas com material e pressão. Uma nova análise probabilística foi realizada para cada uma das categorias de forma individualizada.

3.2 Mapeamento das falhas

Para a proposição de um mapeamento de falhas, várias ferramentas de análise causa e efeito foram estudadas, entre as quais: *Fault Tree Analysis* (FTA), *Event Tree Analysis* (ETA) e o Diagrama de Árvore ou Diagrama Sistemático.

Destas, as premissas utilizadas no modelo de mapeamento proposto partiram do desenho da árvore de falhas, que geralmente parte de um evento de topo, desdobrado em demais falhas (eventos básicos) que em conjunto ou individualmente, podem causar a falha do sistema. Este tipo de procedimento é conhecido como top down (ALMEIDA *et al.*, 2006).

Para a atribuição das possíveis causas e subcausas para cada falha detectada, foram feitas análises documentais (por meio dos registros das solicitações de assistências técnicas e por meio da análise dos projetos hidrossanitários correspondentes), entrevistas não estruturadas com o corpo gerencial da empresa e com projetistas de tais sistemas.

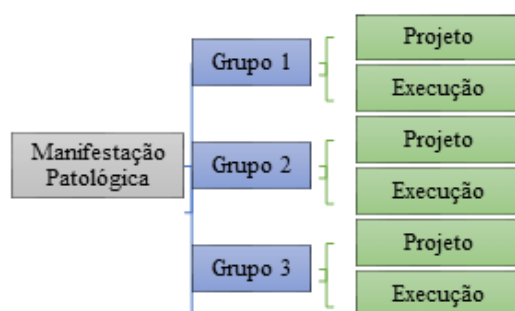
Na Figura 1 é possível identificar o modelo de mapeamento utilizado. A partida se dá no grupo de manifestação patológica, que seria a falha principal do sistema que se divide em seus vários subtipos.

Em seguida, as causas são previamente divididas em projeto ou execução, sendo que para cada um desses itens são levantadas as potenciais origens da falha inicial. Para o projeto, as causas foram definidas no âmbito da técnica, do detalhamento, da comunicação visual e da compatibilização (Figura 2).

Para a execução, as causas foram em função da mão de obra, material e método, como descrito na Figura 3.

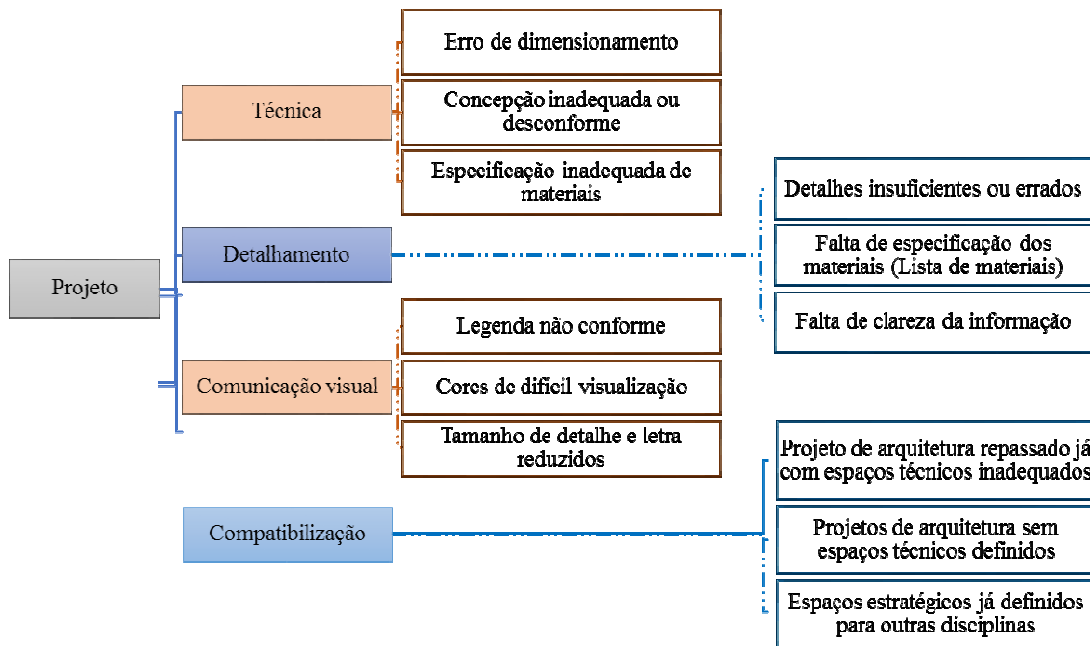
Para ambos o mapeamento finaliza quando a causa definida é plausível de intervenção gerencial.

Figura 1 – Esquema do mapeamento de falhas



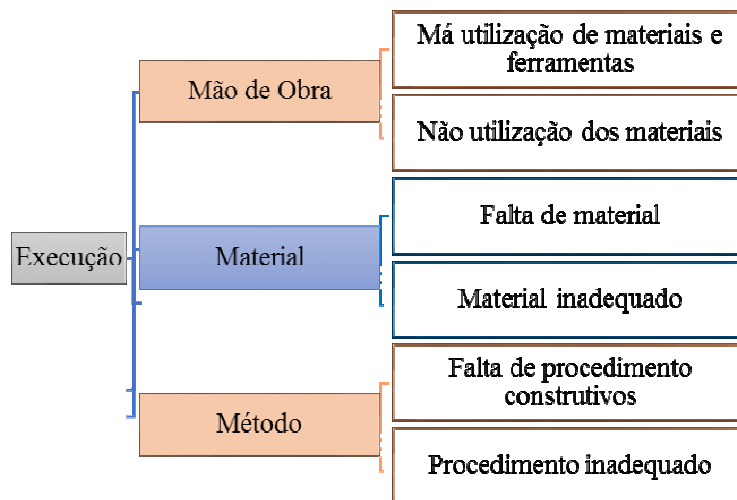
Fonte: Os autores

Figura 2 – Esquema do mapeamento de falhas: Projeto



Fonte: Os autores

Figura 3 – Esquema do mapeamento de falhas: Execução



Fonte: Os autores

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados foi dividida em análise quantitativa por probabilidade e análise qualitativa por mapeamento das causas.

4.1 Análise probabilística

Na Tabela 1 estão listados os 28 tipos de problemas em que foram

classificadas as solicitações de assistências técnicas nos empreendimentos em estudo.

Tabela 1 – Probabilidade de ocorrer cada tipo de evento

Ord.	Tipos de Eventos	Quantidade	%
1	Infiltração no teto	51	6,38%
2	Ralo ou pia entupidos	24	3,00%
3	Vazamento na torneira	20	2,50%
4	Mau cheiro	17	2,13%
5	Defeito descarga caixa acoplada	15	1,88%
6	Vazamento no sifão	10	1,25%
7	Vazamento na tubulação. de Água Fria da BS	8	1,00%
8	Pressão insuficiente	6	0,75%
9	Vazamento de água no chuveiro	6	0,75%
10	Infiltração na parede	6	0,75%
11	Falta de algum material	4	0,50%
12	Bacia sanitária entupida	4	0,50%
13	Diversos	4	0,50%
14	Conta de água alta devido a provável vazamento	3	0,38%
15	Vazamento no hidrômetro	3	0,38%
16	Registro não fecha	2	0,25%
17	Falta de pontos de água	2	0,25%
18	Torneira demora a abrir	1	0,13%
19	Rachadura no sifão	1	0,13%
20	Peça giratória do registro se soltou	1	0,13%
21	Caixa de gordura com formato inadequado	1	0,13%
22	Pontos de água posicionados dentro da parede	1	0,13%
23	Problema na bomba de água	1	0,13%
24	Chuveiro da suíte torto	1	0,13%
25	Ruído proveniente das descargas	1	0,13%
26	Falta de ralo	1	0,13%
27	Vazão do chuveiro insuficiente	1	0,13%
28	Falta de água constante	1	0,13%
Total de falhas		196	24,50%
Total de sistemas		800	100,00%

Fonte: Os autores

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos cálculos da probabilidade de ocorrer algum evento a partir da relação de união, tendo resultados intermediários para a sequência de eventos, obtendo o total de 22,01% de chances de ocorrer pelo menos um tipo dos eventos estudados.

Tabela 2 – Cálculo da probabilidade a partir da relação de união

Tipos de Eventos	Probabilidade			
Infiltração no teto	0,0638			
Ralo ou pia entupidos	0,0300	P(1 U 2)	0,0918	A
Vazamento na torneira	0,0250	P(3 U A)	0,1145	B
Mau cheiro	0,0213	P(4 U B)	0,1334	C
Defeito descarga caixa acoplada	0,0188	P(5 U C)	0,1496	D
Vazamento no sifão	0,0125	P(6 U D)	0,1602	E
Vazamento na tub. de AF da BS	0,0100	P(7 U E)	0,1686	F
Pressão insuficiente	0,0075	P(8 U F)	0,1749	G
Vazamento de água no chuveiro	0,0075	P(9 U G)	0,1811	H
Infiltração na parede	0,0075	P(10 U H)	0,1872	I
Falta de algum material	0,0050	P(11 U I)	0,1913	J
Bacia sanitária entupida	0,0050	P(12 U J)	0,1953	K
Diversos	0,0050	P(13 U K)	0,1993	L
Conta de água alta (provável vazam.)	0,0038	P(14 U L)	0,2023	M
Vazamento no hidrômetro	0,0038	P(15 U M)	0,2053	N
Registro não fecha	0,0025	P(16 U N)	0,2073	O
Falta de pontos de água	0,0025	P(17 U O)	0,2093	P
Torneira demora a abrir	0,0013	P(18 U P)	0,2103	Q
Rachadura no sifão	0,0013	P(19 U Q)	0,2113	R
Peça giratória do registro se soltou	0,0013	P(20 U R)	0,2123	S
Caixa de gordura com inadequada	0,0013	P(21 U S)	0,2132	T
Pontos de água dentro da parede	0,0013	P(22 U T)	0,2142	V
Problema na bomba de água	0,0013	P(23 U V)	0,2152	X
Chuveiro da suíte torto	0,0013	P(24 U X)	0,2162	Y
Ruído proveniente das descargas	0,0013	P(25 U Y)	0,2172	Z
Falta de ralo	0,0013	P(26 U Z)	0,2181	AA
Vazão do chuveiro insuficiente	0,0013	P(27 U AA)	0,2191	AB
Falta de água constante	0,0013	P(28 U AB)	0,2201	P(FAL)
				22,01%

Fonte: Os autores

Os eventos foram organizados por categorias: vazamento, entupimento, mau cheiro, problemas com material e pressão.

Na categoria classificada como **vazamento**, foram realizados os cálculos conforme Equação 3, a Tabela 3 apresenta o resultado de 12,86% de probabilidade que o sistema apresente algum tipo de vazamento.

Dentre as categorias analisadas é a que apresenta maior probabilidade de ocorrência.

Tabela 3 – Probabilidade de ocorrer evento da categoria Vazamento

Tipos de Eventos	Quantidade	Probabilidades				
Infiltração no teto	51	1	0,0638			
Vazamento na torneira	20	2	0,0250	P(1 U 2)	0,0872	A
Vazamento no sifão	10	3	0,0125	P(3 U A)	0,0986	B
Vazamento na tub. de AF da BS	8	4	0,0100	P(4 U B)	0,1076	C
Vazamento de água no chuveiro	6	5	0,0075	P(5 U C)	0,1143	D
Infiltração na parede	6	6	0,0075	P(6 U D)	0,1209	E
Conta de água alta (provável vazam.)	3	7	0,0038	P(7 U E)	0,1242	F
Vazamento no hidrômetro	3	8	0,0038	P(8 U F)	0,1275	G
Rachadura no sifão	1	9	0,0013	P(9 U G)	0,1286	P(VAZ)
Vazamento			12,86%			

Fonte: Os autores

$$P(VAZ) = P(1 U 2 U 3 U 4 U 5 U 6 U 7 U 8 U 9) \quad (3)$$

A probabilidade de ocorrer algum evento da categoria classificada como **entupimento** é de 3,49%, como mostra a Tabela 4.

Para os cálculos utilizados, foi utilizada a Equação 4.

Tabela 4 – Probabilidade de ocorrer evento da categoria Entupimento

Tipos de Eventos	Quantidade	Probabilidades			
Ralo ou pia entupidos	24	1	0,0300		
Bacia sanitária entupida	4	2	0,0050	P(1 U 2)	0,0348
Entupimento P (ENT)			3,49%		

Fonte: Os autores

$$P(ENT) = P(1 U 2) \quad (4)$$

A Tabela 5 mostra que a probabilidade de ocorrer algum evento relativo a **problemas com materiais** é de 3,22%.

Tabela 5 – Probabilidade de ocorrer evento da categoria Problemas com Material

Tipos de Eventos	Quantidade		Probabilidades			
Defeito descarga caixa acoplada	15	1	0,0188			
Falta de algum material	4	2	0,0050	P(1 U 2)	0,0237	A
Registro não fecha	2	3	0,0025	P(3 U A)	0,0261	B
Torneira demora a abrir	1	4	0,0013	P(4 U B)	0,0273	C
Peça giratória do registro se soltou	1	5	0,0013	P(5 U C)	0,0285	D
Caixa de gordura inadequada	1	6	0,0013	P(6 U D)	0,0297	E
Problema na bomba de água	1	7	0,0013	P(7 U E)	0,0310	F
Chuveiro da suíte torto	1	8	0,0013	P(8 U F)	0,0322	P(MAT)
Problemas com material					3,22%	

Fonte: Os autores

Para a categoria **Mau Cheiro**, a Tabela 6 mostra o resultado de 2,13% de probabilidade que algum sistema venha a apresentar esse problema.

Tabela 6 – Probabilidade de ocorrer evento da categoria Mau Cheiro

Tipos de Eventos	Quantidade		Probabilidades			
Mau cheiro	17	4	0,0213	3	0,0213	P(CHE)
Mau cheiro					2,13%	

Fonte: Os autores

A categoria **Pressão** foi a que apresentou menor probabilidade de ocorrer, 0,87%, como mostra a Tabela 7. Isso não significa que é um evento que pode ser desconsiderado, levando em consideração a qualidade dos dados de assistência técnica e a falta de conhecimento técnico dos solicitantes que, via de regra são usuários/moradores, o motivo da probabilidade de ocorrer esse evento pode não ser somente a sua eficiência

Tabela 7 – Probabilidade de ocorrer evento da categoria Pressão

Tipos de Eventos	Quantidade		Probabilidades			
Pressão insuficiente	6	1	0,0075			
Vazão do chuveiro insuficiente	1	2	0,0013	P (1 U 2)	0,0087	P (PES)
Pressão					0,87%	

Fonte: Os autores

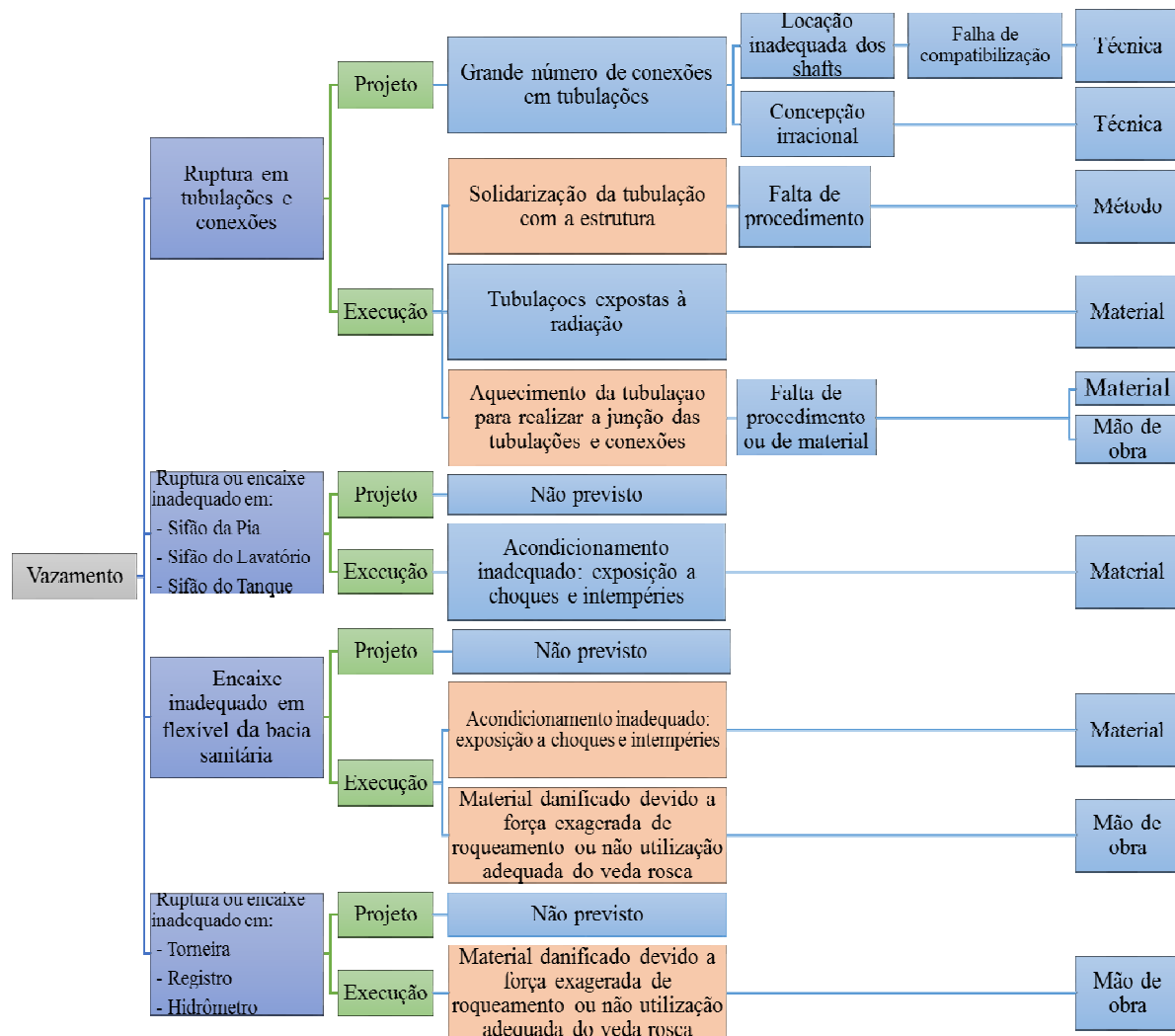
4.2 Mapeamento das causas

O mapeamento dos **vazamentos** foi subdividido em quatro grupos de causas: Ruptura em tubulações e conexões; ruptura ou encaixe inadequado no sifão, seja de pia, lavatório ou tanque; encaixe inadequado em flexível

da bacia sanitária; e ruptura ou encaixe inadequado na torneira, registro ou hidrômetro.

As origens subsequentes podem ser visualizadas no esquema elaborado na Figura 5.

Figura 5 – Mapeamento dos vazamentos

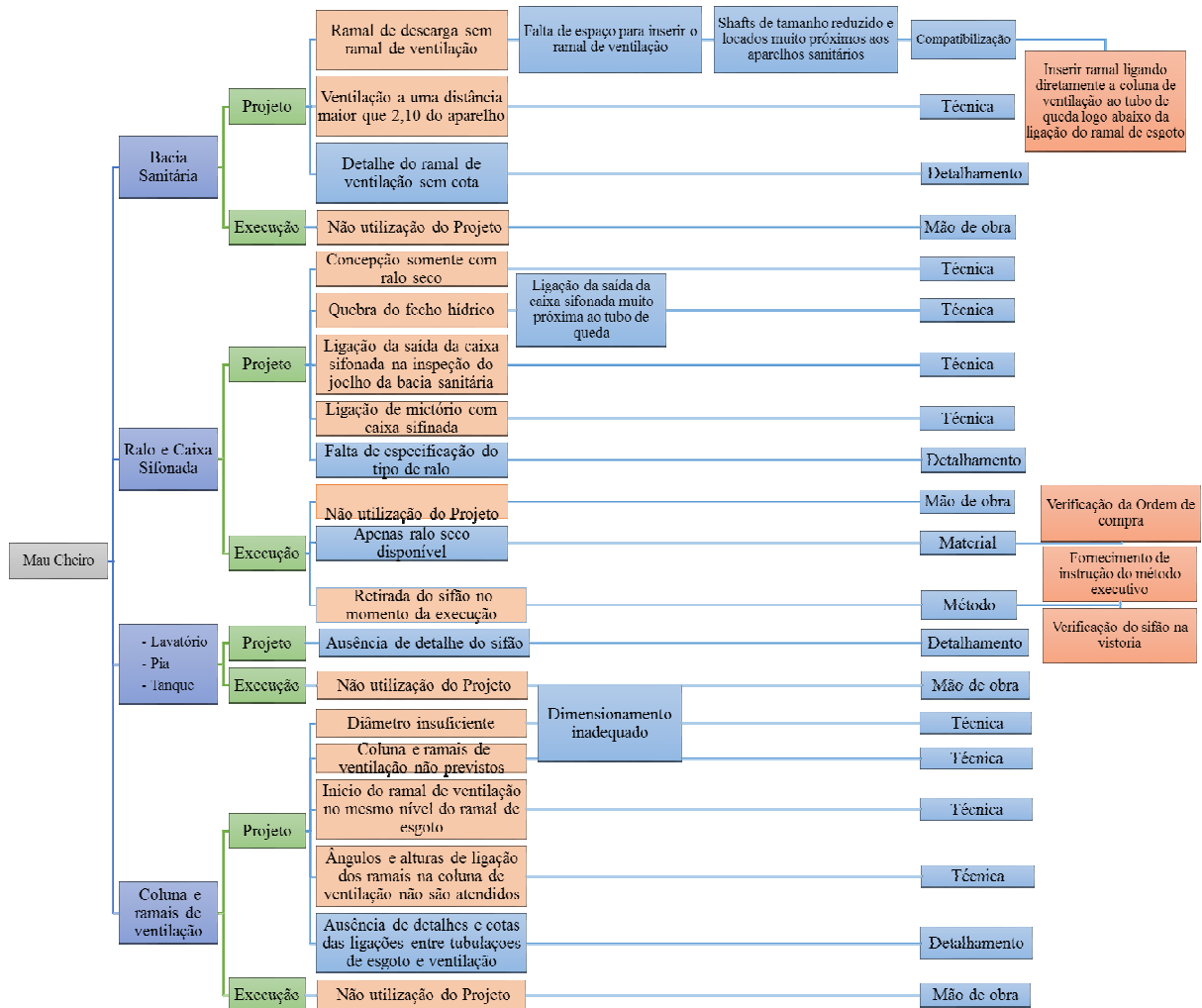


Fonte: Os autores

Para o **mau cheiro**, o mapeamento também foi subdividido em quatro grupos, mas estes foram relacionados aos locais de ocorrência das causas potenciais, que podem ser devido à bacia sanitária; ralo e caixa sifonada; lavatório, pia e tanque, ou coluna e ramais de ventilação.

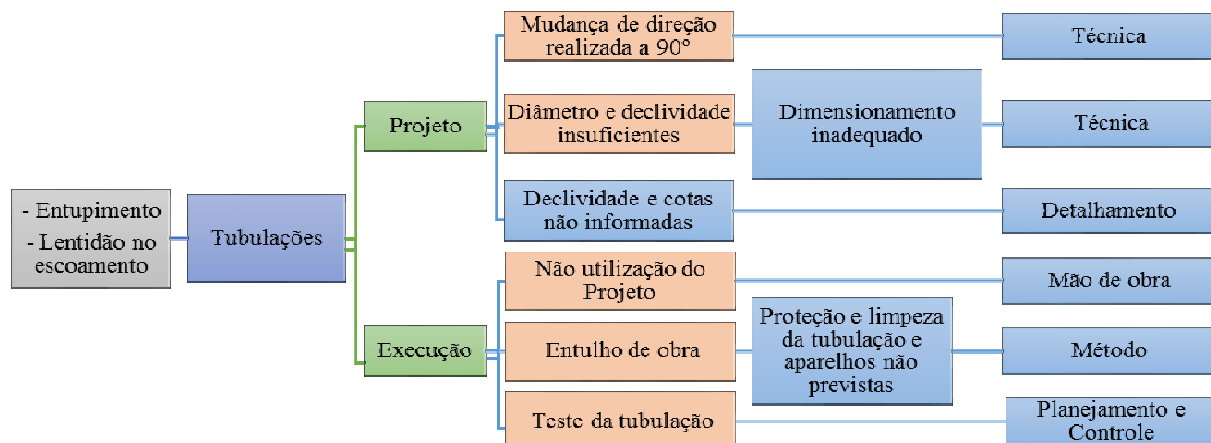
É possível identificar na Figura 6 as sequências de causas possíveis para cada subgrupo.

Figura 6 – Mapeamento do mau cheiro



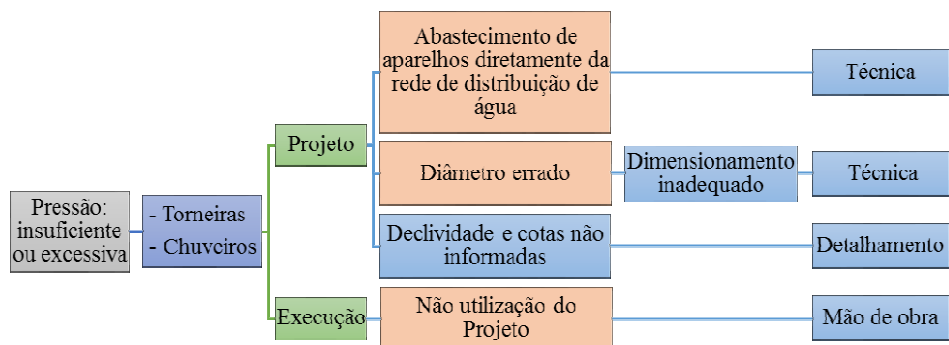
Para o item **entupimento** foram consideradas apenas origens de falhas relacionadas às tubulações, como pode ser identificado na Figura 7.

Figura 7 – Mapeamento do entupimento



Dentre as manifestações patológicas analisadas, o excesso ou insuficiência de **pressão** obteve o menor mapeamento, que pode ser visualizado na Figura 8.

Figura 8 – Mapeamento da pressão



Fonte: Os autores

5 CONCLUSÕES

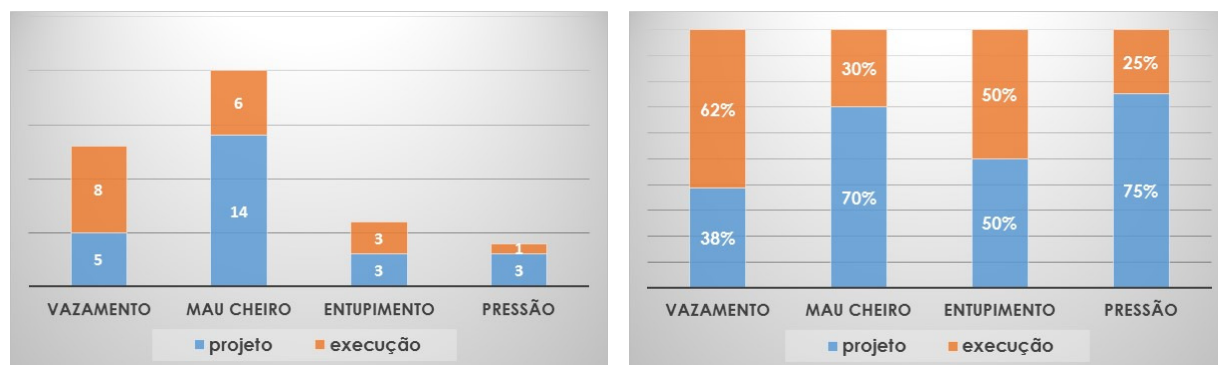
O caso estudado corroborou os resultados do trabalho de Cupertino e Brandstetter (2015), que ressaltaram os SPHS como os serviços de maior frequência entre as solicitações pós-obra em empreendimentos residenciais.

O estudo confirmou a aplicabilidade do método a partir da probabilidade e do mapeamento das causas das falhas para a etapa de análises qualitativas e quantitativas em projetos de gestão dos riscos.

Na análise realizada foram identificadas falhas em 24,5% dos sistemas selecionados para o estudo, sendo que por meio dos cálculos probabilísticos existe 22,01% de chances de ocorrer pelo menos um tipo de falha ou erro em cada sistema.

Dentre as categorias definidas, a relativa a vazamento apresentou a maior probabilidade de ocorrer 12,86%. As manifestações patológicas com a maior quantidade de causas levantadas foram o mau cheiro e os vazamentos. Os gráficos apresentados na Figura 9 permitem concluir pela potencialidade das origens das falhas para todas as manifestações patológicas analisadas.

Figura 9 – Análise final da potencialidade das origens das falhas em sistemas prediais hidrossanitários em relação ao projeto e execução



Fonte: Os autores

Destaca-se que o projeto corresponde a 58% das causas associadas e a execução responde por 42%.

Conclui-se que o projeto se destaca com uma maior quantidade de possibilidades de vícios ou falhas nas categorias de entupimento, mau cheiro e pressão. A execução por sua vez se destaca com mais relevância na categoria de vazamento.

A constatação de que as deficiências nos projetos se tornam a principal causa dos problemas identificados em sistemas construtivos pós-obra corrobora os trabalhos de Henriques (2001), Helene e Pereira (2007) e Ferreira (2009).

O método permitiu identificar a probabilidade associada ao risco utilizando as análises qualitativas e quantitativas de formas complementares. Para cada falha identificada, pode-se desta forma auxiliar gestores na tomada de decisão quanto às melhores formas de controle e prevenção, seja na correta utilização de materiais, ferramentas e adequação dos procedimentos construtivos na execução ou no planejamento e controle da qualidade do projeto quanto aos aspectos de correta solução técnica, detalhamento, comunicação visual e compatibilização com os demais sistemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pelo financiamento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABDELGAWAD, M.; FAYEK, A. R. Risk Management in the Construction Industry Using Combined Fuzzy FMEA and Fuzzy AHP. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 9, p.1028-1036, set. 2010.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de edificações: requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ALMEIDA, D. A.; LEAL, F.; PINHO, A. F.; FAGUNDES, L. D. Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação. **Produção**, v. 16, n. 1, p. 171-188, São Paulo, 2006.

BATISTA, B. D.; GOMES, G. K.; BALTAZAR, A. V. A árvore de falhas (FTA) como ferramenta para o alcance da excelência no processo de fornecimento de água quente por aquecedores solares. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 13p, 2012.

BRITO, J. N. S. **Retroalimentação do processo de desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social a partir de reclamações de usuários**: estudo no Programa de Arrendamento Residencial. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CHEN, H.; BI, Z.; XIAO, P.; WANG, D.; YANG, M. Practical evaluation for water utilities in China by using analytic hierarchy process. **Frontiers of Environmental Science & Engineering**, v. 9, n. 1, p. 131-137, 2015.

CHI, C.; LIN, S.; DEWI, R. S. Graphical fault tree analysis for fatal falls in the construction industry. **Accident Analysis and Prevention**, v. 72, p.359-369, 2014.

CHOUDHRY, R. M.; IQBAL, K. Identification of risk management system in construction industry in Pakistan. **Journal of Management in Engineering**, v. 29, n.1, p.42-49, 2013.

CORREA, S. M. B. B. **Probabilidade e estatística**. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, 2003, 116 p.

CUPERTINO, D.; BRANDSTETTER, M. C. G. de O. Proposição de ferramenta de gestão pós-obra a partir dos registros de solicitação de assistência técnica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 243-265, out./dez. 2015.

FANTINATTI, P. A. P. **Ações de Gestão do Conhecimento na Construção Civil**: evidências a partir da assistência técnica de uma construtora. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FERREIRA, L. C. J. **Rendimentos e Custos em Actividades de Manutenção de Edifícios**: cobertura de edifícios correntes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2009.

FIANKO, A. B.; CHILESHE, N. An analysis of risk management in practice: the case of Ghana's construction industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 13, n. 2, p. 240 – 259, 2015.

GNIPPER, S. F. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, São Paulo, 2010.

GÖÇER, O.; HUA, Y.; GÖÇER, K. Completing the missing link in building design process: Enhancing post-occupancy evaluation method for effective feedback for building performance. **Building and Environment**, v. 89, p.14-27, 2015.

HELENE, P.; PEREIRA, F. **Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto**. Bogotá: SIKA, 2007.

HENRIQUES, F. M. A. A Noção de Qualidade em Edifícios. In: CONGRESSO NACIONAL DA CONSTRUÇÃO, Lisboa, 2001. **Anais...**Lisboa, 2001.

LOURO, A. C.; PUGIRÁ, C. G. Bibliographic study in risk management aimed to identify more referenced tools, methods and relationships. **Iberoamerican Journal of Project Management**, v. 6, n.1, p. 78-93, 2015.