

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PAULA PRISCILA FLERIA FAVARO

**INDICAÇÃO DAS PATOLOGIAS RELACIONADOS AS CALHAS COM
COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO A NBR 10844/1989
E A EQUAÇÃO DE CHUVA DA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2017

PAULA PRISCILA FLERIA FAVARO

**INDICAÇÃO DAS PATOLOGIAS RELACIONADOS AS CALHAS COM
COMPARATIVO DE DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO A NBR 10844/1989
E A EQUAÇÃO DE CHUVA DA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Prof. Me. Roberto Widarski

Co-orientador: Prof. Dr. Helton
Rogério Mazzer

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTAÇÕES PARA PREENCHIMENTO DO TERMO DE APROVAÇÃO

por

Valdomiro Lubachevski Kurta

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 17h30min do dia 14 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer Gomes

(UTFPR)

Co-orientador

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues De
Oliveira**

(UTFPR)

Prof. Dr. Eudes Jose Arantes

(UTFPR)

Prof. Me. Roberto Widerki

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr. Ronaldo Rigobello

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho primeiramente a todas as bênçãos de Deus, aos meus pais pelo apoio incondicional, aos meus irmãos que sempre estiveram do meu lado e aos meus amigos pelo carinho nessa etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Paulo Sérgio Favaro e Edilene Fleria Favaro por sempre serem minha base e pelo apoio diário incentivando para eu sempre seguir em frente.

Aos meus irmãos, Marco Aurélio Fleria Favaro e Mariana Fleria Favaro, pelo incentivo e cobrança para eu conseguir realizar o meu melhor e servir de exemplo para eles.

A todos os familiares que sempre apoiaram e ajudaram de alguma maneira nesse período.

Agradeço ao meu orientador Prof. Me. Roberto Widerski, pela paciência em ensinar e por todos os conselhos transmitidos durante o curso. Também pelo seu carinho e amizade criados ao longo desses anos.

Agradeço ao meu Co-orientador Prof. Me Helton Mazzer por sua imensa dedicação em transmitir seu conhecimento de uma maneira tão descontraída e por passar um pouco da sua experiência de vida.

Aos amigos que mesmo longe permaneceram me apoiando e não deixando espaço para dias ruins, em especial ao Claudio Roberto Trentin, Nayara Moraes, Gheorgia Paula Tomazi, Andressa Parizotto, Amanda Gabriela Borges, Claudia Nayara Stoker, Andreza Caovila, Raissa Zunta, Elen Paula Honorato e Eloize Alves.

Aos amigos que tive a imensa gratidão de conhecer durante minha caminhada em Campo Mourão e estiveram todos os dias do meu lado, em especial a Ariane Ambrósio, Gleyce Stafani Santos Gaspar Monteiro Gomes, Vinicius Goes, Gustavo Czerpick, Leonardo Andrade.

A todos os professores, pelo dom de ensinar, pela paciência e pela dedicação desempenhada em suas aulas, para que eu pudesse amadurecer e me tornar uma profissional competente e ética, em especial a professora Luciene Ricardo.

Agradeço acima de tudo a Deus, por me proporcionar um anjo da guarda poderoso, por manter minha família unida, por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas e amigos excepcionais, por me conceder situações que difíceis para me tornar uma pessoa melhor a cada dia e por toda saúde e paz.

RESUMO

FAVARO, Paula P. F. **Indicação das patologias relacionadas as calhas com comparativo de dimensionamento utilizando a NBR 10844/1989 e a equação de chuva da cidade de Cuiabá-MT.** 2017, 68 pág. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.

Os sistemas de captação de águas pluviais são de extrema importância para garantir o bom desempenho das edificações. As calhas fazem parte desse sistema sendo as receptoras da água da chuva. Várias patologias estão relacionadas as calhas sendo a principal problemas com infiltrações. Este trabalho teve por finalidade identificar as patologias por meio de registros fotográficos e realizar um comparativo com o dimensionamento das calhas utilizando a NBR 10844/1989 e uma equação de chuva construída por pesquisadores os quais utilizaram dados atualizados de precipitações. Com a coleta de imagens obteve-se várias causas para o aparecimento de infiltrações relacionadas as calhas como má execução, falta de projeto e dimensionamento insuficiente. Por meio dos cálculos apresentados foi possível observar que a NBR 10844/89 necessita de uma atualização em relação aos seus índices pluviométricos.

Palavras-chave: Calhas, Infiltração, Patologias, Índices Pluviométricos.

ABSTRACT

FAVARO, Paula P. F. **Indication of the pathologies related to the gutters with sizing comparison using the NBR 10844/1989 and the rainfall equation of the city of Cuiabá-MT**. 2017, 68 pp. Course Completion Work (Bachelor in Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Campo Mourao.

Rainwater harvesting systems are extremely important to ensure the good performance of buildings. The gutters are part of this system being the recipients of rainwater. Several pathologies are related to gutters being the main problems with infiltrations. The objective of this work was to identify the pathologies by means of photographic records and to perform a comparison with the sizing of the gutters using NBR 10844/1989 and a rain equation constructed by researchers who used updated rainfall data. With the collection of images there were several causes for the appearance of infiltrations related to gutters such as poor execution, lack of design and insufficient design. By means of the calculations presented, it was possible to observe that NBR 10844/89 needs an update in relation to its rainfall indexes.

Keywords: Gutters, Infiltration, Pathologies, Rainfall indexes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Calha de PVC seção semicircular.....	19
Figura 2: Calha de Seção Retangular	20
Figura 3: Calha de Seção Retangular instalada em platibanda	20
Figura 4: : Calha de Seção Semicircular	21
Figura 5: Calha de Seção Semicircular instalada em beiral	21
Figura 6: Calha de Seção em V – Água Furtada.....	22
Figura 7: Calha de seção V instalada.....	22
Figura 8: Exemplo de suporte de calha para seções variadas	23
Figura 9: Ilustração do suporte para calha em um telhado	23
Figura 10: Exemplo de terminal de calha	24
Figura 11: Exemplo de curva redonda para saída do terminal	24
Figura 12: Exemplo de pé de condutor retangular	24
Figura 13: Ilustração da grelha hemisférica	25
Figura 14: Detalhe da utilização do rufo.....	26
Figura 15: Figura plana horizontal.....	30
Figura 16: Superfície inclinada	30
Figura 17: Superfície plana vertical única	30
Figura 18: Duas superfícies planas verticais opostas	30
Figura 19: Duas superfícies planas verticais opostas	31
Figura 20: Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares	31
Figura 21: Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes	31
Figura 22: Quatro superfícies planas verticais, sendo uma com maior altura. .	31
Figura 25: Calha de Seção Semicircular instalada em beiral	32
Figura 26: Calha de Seção Retangular	34
Figura 27: Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva	36
Figura 28: Dimensionamento dos condutores verticais para calha com funil de saída	36
Figura 29: Falta de detalhamento do projetada.....	40
Figura 30: Projeto de cobertura exemplo para o cálculo da calha.....	44

Figura 31: Dimensões do pano de telhado utilizado nos cálculos	44
Figura 32: Geometria do telhado tomado como exemplo.....	45
Figura 33: Desenho esquemático da calha para os cálculos realizados	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: bitolas e espessuras comerciais de chapas galvanizadas	18
Quadro 2: Chuvas intensas no Brasil para duração de 5 minutos (algumas cidades como exemplo)	28
Quadro 3: Fatores multiplicativos da vazão de projeto.....	32
Quadro 4: Indicação dos coeficientes de rugosidade dos materiais.....	33
Quadro 5: Capacidade das calhas semicirculares.	35
Quadro 6: Resumo das patologias relacionadas às calhas.....	42
Quadro 7: Intensidades pluviométricas da cidade de Cuiabá	46
Quadro 8: Resumo das causas das patologias	58
Quadro 9: Vazão de projeto calculada	59
Quadro 10: Dimensões da calha calculada	59
Quadro 11: Intensidade calculadas por meio da equação da chuva	59
Quadro 12: Dimensão da calha com a nova vazão	60
Quadro 13: Diferença percentual das intensidades.....	60
Quadro 14: Diferença de área da calha	61

LISTA DE FOTOS

Foto 1: Manchas no teto devido à infiltração na calha	38
Foto 2: Solda danificada.....	39
Foto 3: Transbordo por mau dimensionamento.....	40
Foto 4: Amassamento da calha.....	41
Foto 5: Deformação lateral da calha	49
Foto 6: Deformação lateral da calha	50

Foto 7:Calha com torção em sua extensão	50
Foto 8:Calha com declividade errada.....	51
Foto 9:Forro soltando devido a infiltração da calha.....	51
Foto 10: Calha com declividade errada.....	52
Foto 11: Calha com folhas obstruindo a passagem da água.....	53
Foto 12: Calha com problema de obstrução.....	53
Foto 13: Acumulo de folhas na calha	54
Foto 14: Acumulo de sujeira na calha	54
Foto 15: Calha com falta de manutenção para retirada de folhas.....	55
Foto 16: Calha com corrosão	55
Foto 17: Infiltração proveniente de calha	56
Foto 18: Parede com mofo	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
1.3. JUSTIFICATIVA.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. Calhas	16
2.2. Tipos de Calhas	17
2.3. Seções das Calhas	20
2.4. Instalação.....	22
2.5. Dimensionamento.....	26
2.6. Patologias relacionadas às calhas	37
3. METODOLOGIA.....	43
4. RESULTADOS.....	49
5. CONCLUSÃO	62
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

A segurança nas edificações sempre foi uma característica essencial para garantir a qualidade de uma construção. No código de Hamurabi, por exemplo, há a descrição de regras severas aos construtores que causassem algum dano material ou físico aos ocupantes da edificação. Mesmo com o avanço dos métodos construtivos ainda é responsabilidade do construtor e projetista, nesse caso engenheiros e arquitetos, o desempenho ao longo da vida útil de uma construção.

Essa responsabilidade se aplica também às patologias, ou seja, aos problemas ou defeitos que uma construção pode apresentar. Segundo VERÇOZA (1991) quando se conhece as causas dessas patologias é possível reduzir erros no processo de construção para que elas não se manifestem.

As instalações prediais de águas pluviais compõem uma parte significativa dentro de uma edificação. O presente trabalho aborda a temática acerca da importância que as calhas implicam na durabilidade de uma cobertura.

As calhas são condutores horizontais abertos de águas pluviais e apresentam com frequência vazamentos e transbordamento de água das chuvas. Esses problemas podem ocasionar em infiltração da água na parte interna da cobertura e da parede externa acarretando em goteiras, manchas, desenvolvimento de mofo e podendo comprometer a estrutura do telhado. (PAZ; COSTA; ALMEIDA; FERNANDES. 2016).

As causas dessas patologias são variadas podendo ser má instalação do sistemas de coleta de águas pluviais, falta de dimensionamento, utilização de materiais de baixa qualidade, dentre outros.

O dimensionamento do sistema de coleta de águas pluviais é exposto na NBR 10844/1989 e este para o cálculo da vazão de projeto depende do valor das intensidades pluviométricas de cada cidade. Alguns valores de intensidade são apresentados no Anexo 5 da norma com períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos.

Essas intensidades de chuva são provenientes de observações, geralmente utilizam-se informações do pluviógrafo mais próximo ou interpolam-se os resultados obtidos em torno do local de interesse (BELTRAME et al., 1991).

Quando não são possíveis adquirir dados das estações meteorológicas as precipitações de chuva são utilizadas para a elaboração da equação da chuva da região em estudo para melhor aproximar os cálculos de intensidade.

Com a importância das calhas para o bom desempenho da vida útil de uma construção e verificando que a NBR 10844/89 prevê em seus cálculos um período de retorno de 25 anos, o qual se encerrou no ano de 2014, o presente trabalho indica as principais causas das patologias e realiza um comparativo entre o dimensionamento da norma e de uma equação de chuva da capital do Mato Grosso Cuiabá.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar o desempenho das calhas como parte do sistema de captação de água pluviais apresentando as principais patologias ocorridas e a comparação do dimensionamento da norma NBR 10844/1989 com intensidades pluviométricas retiradas da norma e calculadas por meio da equação da chuva de Cuiabá.

1.1.2. Objetivos específicos

- Examinar quais as principais causas de patologias em calhas por meio de registros fotográficos;
- Verificar na norma de Instalações prediais de águas pluviais, NBR 10844 os processos para o correto dimensionamento de calhas;
- Analisar se a norma está condizente com os atuais índices pluviométricos;
- Apresentar possíveis soluções para minimizar os problemas na construção relacionados às calhas;

1.3. JUSTIFICATIVA

As calhas desempenham um papel muito importante na conservação da edificação ajudando a aumentar a sua vida útil. Quando bem executadas elas auxiliam na

captação de águas pluviais prevenindo infiltrações no telhado, acúmulo de umidade, proliferação de fungos dentre outras perdas materiais ao proprietário do imóvel.

O custo com a instalação de canais de escoamento já previstos no projeto da obra corresponde entre 1% a 3% do custo total da obra, podendo ficar até quatro vezes mais caro em casos de reparos. Dessa forma ao saber como uma calha se comporta ao longo de seu uso, principalmente diante grandes precipitações, o profissional capacitado a realizar o dimensionamento desse sistema pode prever os futuros problemas.

Segundo a redatora do portal eletrônico Climatempo Ana Maria Machado (2017) foi registrado em Belém do Pará entre as 10 horas do dia 24 e 10 horas de 25 de janeiro de 2017 o acumulo de chuva foi de 110mm e na capital Cuiabá no mesmo ano no mês de fevereiro o acumulo de precipitação entre as 10 horas do dia 13 e as 10 horas do dia 14 foi de 68,8mm. Outro exemplo coletado no portal de notícias G1 (2017) foi registrado em Icapuí Ceará. Entre as 7 horas do dia 11 de fevereiro e 7 horas do dia 12 de fevereiro foram registrados 216 milímetros.

Esse aumento na precipitação pode apresentar elevados índices de intensidade pluviométrica os quais influenciam diretamente no dimensionamento do projeto de calhas.

A região escolhida para fazer a análise de dimensionamento de calhas a partir da precipitação foi a capital do Mato Grosso Cuiabá por possuir um clima tropical úmido com períodos de seca e chuva bem definidos. Também pela característica de possuir dois tipos de precipitação, a pluvial, ausência de neve, com exceção nas altas montanhas, e a precipitação por convecção, que se distribui de forma mais localizada, podendo ocorrer tormentas fortes nas baixas latitudes. As massas de ar são mais similares e em menores quantidades.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Calhas

As calhas são condutores horizontais abertos na parte de cima utilizadas para captação das águas pluviais acumuladas nos telhados. Elas conduzem a água até o seu destino, ou diretamente até a caixa de drenagem, ou até aos condutores verticais.

A presença das calhas nos telhados é essencial para o bom desempenho da edificação, porém esse sistema de escoamento de águas pluviais é utilizado desde os primórdios da civilização.

O registro mais antigo do uso de calhas é da civilização Harappa que residia onde é hoje o Paquistão entre 3000 a.C a 1500 a.C. A calha era utilizada para transmitir águas ligadas por drenos que foram cobertos com tijolos de barro queimado. (EULICALHAS 2014).

No início do império Romano – 27 d.C. a 14 d.C. – essa civilização revolucionou a arquitetura e introduziu muitas técnicas que serviram de inspiração para as obras atuais. Uma dessas contribuições foi a utilização de aquedutos e canaletas. (WIKIPEDIA. 2016).

O aqueduto é um canal ou galeria, subterrâneo ou à superfície, e construído com a finalidade de conduzir a água. São normalmente edificadas sobre arcadas ou sob plataformas de vias de comunicação. Já as canaletas eram construídas nas laterais das estradas para conduzir o lodo e a água da chuva. (WIKIPEDIA. 2016).

As calhas se tornaram populares nas colônias americanas por volta de 1710. Elas eram feitas com duas placas de madeira em forma de V e fixadas a estrutura com suportes de ferro fundido. (EULICALHAS 2014).

No período de 1900 as máquinas de laminagem são inventadas e tornou-se popular nos Estados Unidos a produção de calhas de aço semicirculares para serem

colocadas nas bordas dos edifícios. Com a Segunda Guerra Mundial houve o desenvolvimento dos plásticos e foi possível a fabricação de calhas utilizando esse material. (EULICALHAS 2014).

Na década de 60 máquinas de calhas de alumínio sem costura foram inventadas. Devido à resistência e ao peso mais leve do alumínio essa nova tecnologia é utilizada até hoje, cerca de 70% de todas as calhas são fabricadas com nesse sistema. (EULICALHAS 2014).

A escolha do tipo e tamanho da calha a ser utilizada é decidida a partir da definição da vazão do projeto. (ARAUJO 2013)

As funções atribuídas às calhas são de extrema importância para o bom desempenho do empreendimento. Dentre as principais estão: proteção do reboco externo, proteção contra alagamento do terreno evitando rachaduras e corrosão nas fundações, preservação contra apodrecimento do madeiramento dos beirais e surgimento de micro-organismos como fungos, além de direcionar a água da chuva para locais adequados.

De acordo com a empresa de eletrocalhas NEPEE, esses condutores podem ser colocados em emendas no telhado, cochos no final do telhado, muro, entre outros. O modelo da peça a ser escolhido depende de algumas particularidades do local como o tipo de telha, a inclinação da superfície, a extensão do espaço de coleta, entre outros.

2.2. Tipos de Calhas

Os materiais utilizados para a fabricação de calhas devem ser resistentes a corrosão, ter longa durabilidade, não podem ser afetados pelas mudanças de temperatura, devem ser leves e com superfícies lisas. Os mais recomendados são as chapas galvanizadas, as ligas de alumínio, concreto e os polímeros como PVC. (TOMAZ 2010).

As chapas de aço revestido com zinco conhecidas como chapas galvanizadas. Nesse modelo o aço é revestido com zinco pelo processo de imersão a quente e é considerado um dos processos mais efetivos e econômicos para a proteção do aço contra a corrosão, já que a corrosão do zinco é em média 25 vezes menor que a do aço. (MOPA)

Segundo o a NBR 7008 - Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente -, a produção dessas chapas de aço deve ser executada de maneira continua para garantir a uniformidade da camada mesmo após ela ser dobrada ou perfilada, mantendo suas propriedades anticorrosiva inalteradas. Abaixo está uma tabela com as espessuras comerciais mais utilizadas em chapas de aço galvanizado

Bitola MSG	Espessura (mm)	Peso (Kg/m ²)
32	0,3	2,4
30	0,35	2,8
28	0,43	3,44
26	0,5	4
24	0,65	5,2
22	0,8	6,4
20	0,95	7,6
19	1,11	8,88
18	1,25	10
16	1,55	12,4
14	1,95	15,6
13	2,3	18,4
12	2,7	21,6

Quadro 1: bitolas e espessuras comerciais de chapas galvanizadas
Fonte: Autoria própria baseado em representantes comerciais

A calha de PVC é facilmente encontrada em casas de materiais de construção e é menos resistente que a calha de alumínio e de aço galvanizado, seu formato lembra um cano cortado na horizontal, sendo assim, não possui capacidade para coletar um fluxo intenso de água. (AMANCO).



Figura 1: Calha de PVC seção semicircular
Fonte: Catálogo AMANCO

Esses tipos de calha em menos de dois anos suas borrachas das emendas ressecam deixando a calha fraca e flexível, podendo surgir vazamentos. Porém as calhas em PVC não sofrem corrosão, são de fácil manutenção e podem ser pintadas para se adequar a construção. (AMANCO)

Atualmente as calhas de alumínio se tornaram populares por serem mais resistentes a ação corrosiva das mudanças climáticas. Esse tipo de calha possui uma liga para vedação com cola de poliuretano e as emendas são fixadas com a combinação de arrebites de pressão mais a cola. Algumas empresas já possuem calhas em alumínio sem emendas. (ALESSANDRO CALHAS 2014)

Esse material pode ser pintado de qualquer cor utilizando um fundo galvite - fundo especial, indicado para promover aderência sobre superfícies de aço ou alumínio que previne o descascamento da tinta - e esmalte metais.

As Calhas de cobre apresentam durabilidade maior do que as comuns, pois o cobre é altamente resistente a ferrugem e resiste a longos períodos de adversidades metrológicas. Mas para realizar a instalação desse tipo de material é necessário buscar um profissional qualificado devido a necessidade de soldagem nas juntas e cantos. Outra desvantagem é o alto custo do cobre, chegando a ser duas vezes o valor da instalação de uma calha de alumínio. (LACERDA E LIMA 2009)

2.3. Seções das Calhas

As seções das calhas podem ser de diversas formas, isso irá depender da vazão de projeto e do modelo arquitetônico do local. Algumas seções são mais comuns devido a fabricação e instalação mais simplificadas. (MELO 1988)

Seção Retangular: É o modelo mais utilizado devido a fácil fabricação e instalação. Geralmente são encontradas em aço galvanizado e concreto sendo instaladas, por exemplo, em platibandas.

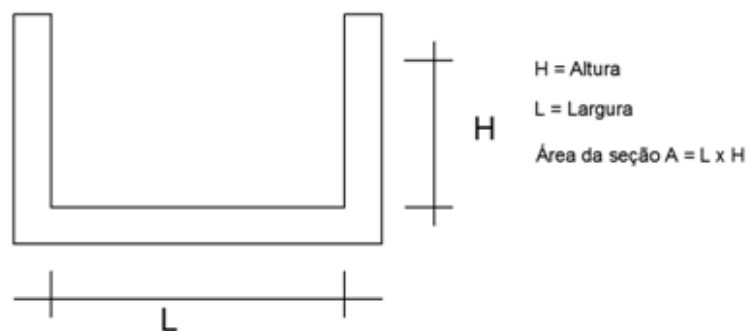


Figura 2: Calha de Seção Retangular
Fonte: MELO 1988

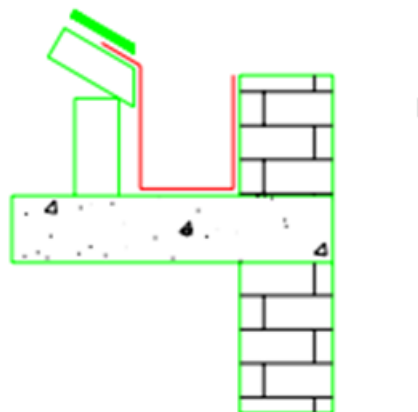


Figura 3: Calha de Seção Retangular instalada em platibanda
Fonte: GUIZI e GUGEL 2005

Seção Semicircular: São utilizadas em bordas externas nos telhados geralmente encontradas em PVC rígido.

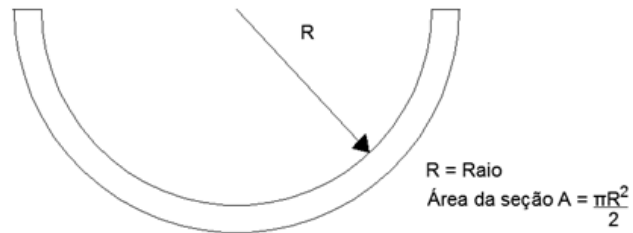


Figura 4: : Calha de Seção Semicircular
Fonte: MELO 1988

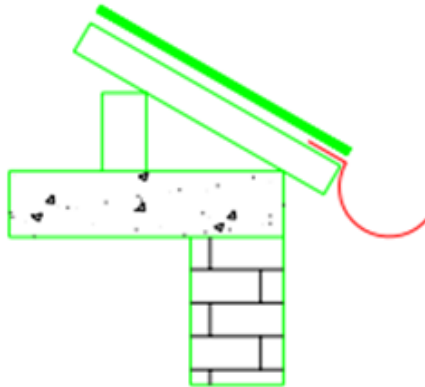


Figura 5: Calha de Seção Semicircular instalada em beiral
Fonte: GUIZI e GUGEL 2005

Seção em V: Essa seção é chamada de água furtada e é instalada no encontro de duas águas de telhado. Comumente fabricada de aço galvanizado e alumínio.

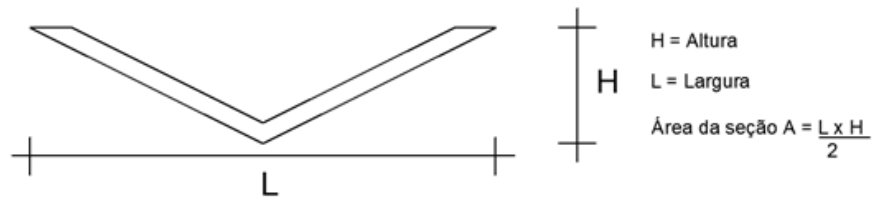


Figura 6: Calha de Seção em V – Água Furtada
Fonte: MELO 1988

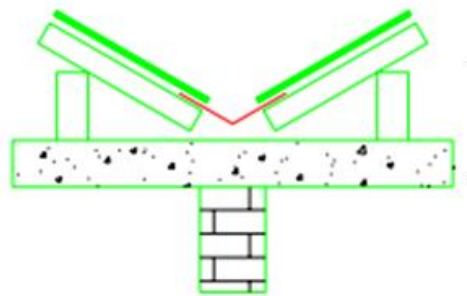


Figura 7: Calha de seção V instalada
Fonte: GUISI e GUGEL 2005

2.4. Instalação

Para a instalação das calhas são necessários alguns acessórios que auxiliam para seu bom desempenho como suportes, condutores verticais, grelhas, bandeja pluvial entre outros de acordo com o material utilizado. O suporte ajuda na fixação das calhas, garantindo a declividade ideal e evitando a envergadura da calha devido ao peso da água.

A fixação do suporte deve ser iniciada pelo ponto mais alto da instalação no beiral, recuando 30 centímetros da extremidade dele. Para facilitar a demarcação da inclinação utiliza-se uma linha de nylon presa na parte inferior do primeiro suporte de apoio e esticada até o final do beiral no último suporte com inclinação mínima de 0,5%. (FAZFACIL).

De acordo com o fabricante Tigre (2010) a fixação dos suportes deve ser feita seguindo o alinhamento e o espaçamento máximo entre os suportes deve ser de 60 centímetros.

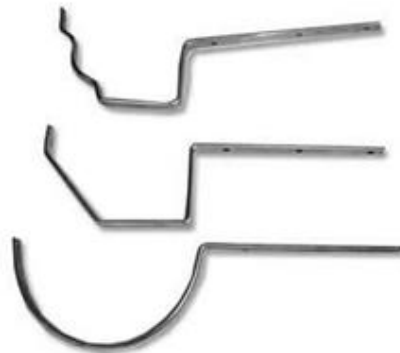


Figura 8: Exemplo de suporte de calha para seções variadas
Fonte: Catálogo de calhas CALHAFORTE



Figura 9: Ilustração do suporte para calha em um telhado
Fonte: Catálogo de calhas CALHAFORTE

Os condutores verticais são dutos ligados do terminal da calha até o destino final do sistema determinado pelo pé do condutor. Eles são feitos do mesmo material das calhas e fixados por meio de braçadeiras pelo menos dois metros de distância uma da outra. A NBR 10844 prevê o dimensionamento desses condutores, porém são os fabricantes que auxiliam na correta instalação. Na emenda do terminal com a curva, e da curva com o condutor vertical é aplicado um silicone próprio para a vedação além dos parafusos de fixação.



Figura 10: Exemplo de terminal de calha
Fonte: Catálogo de calhas CALHAFORTE



Figura 11: Exemplo de curva redonda para saída do terminal
Fonte: Catálogo de calhas CALHAFORTE



Figura 12: Exemplo de pé de condutor retangular
Fonte: Catálogo de calhas CALHAFORTE

Outro acessório é a grelha hemisférica flexível utilizada no bocal do terminal para evitar que sujeiras e folhas sejam encaminhadas através do condutor vertical.

A figura abaixo mostra a admissão radial de água em ralo hemisférico e em grelha hemisférica. Esta admissão predominantemente radial da água evita a formação do vórtice hidráulico (turbilhão ou redemoinho) quando a lâmina d'água sobre o ralo atinge determinada altura que permite arraste de ar, acaba ocupando lugar da massa líquida no interior das tubulações reduzindo sua capacidade de transporte. (GNIPPER 2013).

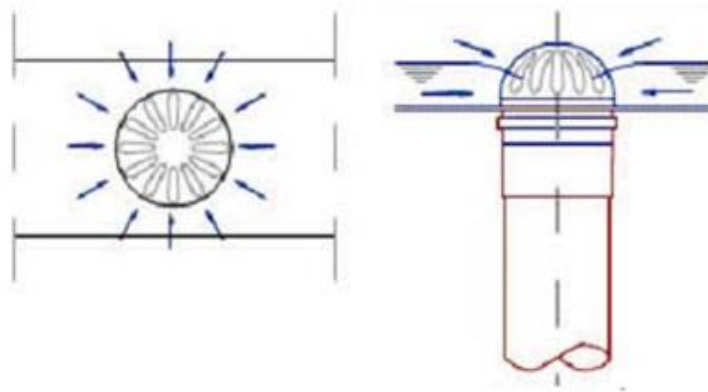


Figura 13: Ilustração da grelha hemisférica
Fonte: GNIPPER 2013

Os rufos são acessórios de cobertura que evitam infiltrações nas juntas entre o telhado e rachaduras nas paredes, ou infiltrações por capilaridade nas paredes da cobertura. Geralmente ficam acima do telhado e são fabricados dos mesmos materiais das calhas em diversas espessuras.

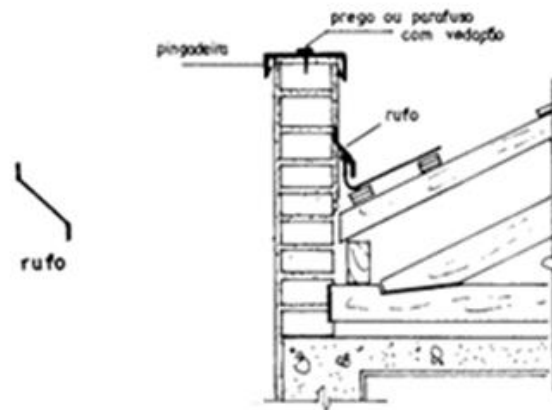


Figura 14: Detalhe da utilização do rufo
 Fonte: Adaptação notas de aula do CEAP

2.5. Dimensionamento

A NBR 10844 (ABNT 1989) de Instalações Prediais de Águas Pluviais prescreve as recomendações para o dimensionamento do projeto de instalações de águas pluviais a fim de atender objetivos específicos como recolhimento das águas das chuvas até um local adequado e permitido, facilitação da limpeza e desobstrução do sistema de drenagem, escoamento da água sem provocar ruídos excessivos, garantia de uma instalação indeformável que resista aos choques mecânicos atuantes na tubulação.

Cada município possui um código de obras específico, que em geral, proíbe o caimento livre da água dos telhados em prédios de mais de um pavimento ou em terrenos vizinhos. Toda água recolhida pelo telhado e afins deve ser conduzida aos condutores de águas pluviais, ligados a caixas de areia do térreo, somente a partir desse ponto pode ser lançada aos coletores públicos de águas pluviais. (CREDER 1995).

Segundo a NBR 10844 existem algumas prescrições a serem consideradas no dimensionamento das calhas como:

- O sistema de esgotamento das águas pluviais deve ser completamente separado da rede de esgotos sanitários, rede de água fria e de quaisquer outras instalações prediais. Deve-se prever dispositivo de proteção contra o acesso de gases no interior da tubulação de águas pluviais, quando houver risco de penetração destes.
- Nas junções e, no máximo de 20 em 20 metros, deve haver uma caixa de inspeção.
- Quando houver risco de obstrução, deve-se prever mais de uma saída.
- Calhas de beiral e platibanda devem ter declividade mínima de 0,5%.
- Os casos em que um extravasamento não pode ser tolerado pode-se prever extravasores de calha que descarregam em locais adequados.
- Sempre que possível, usar declividade maior que 0,5% para os condutores horizontais.

Para estabelecer a vazão de projeto segundo a norma é necessário determinar a intensidade pluviométrica, deve ser fixada a duração da precipitação e do período de retorno adequado, com base em dados pluviométricos locais. (NBR 10844/1989)

Intensidade pluviométrica é a altura pluviométrica por unidade de tempo. Sendo esta altura o volume de água precipitada por unidade de área desconsiderando o efeito da evaporação

Para o cálculo da intensidade no dimensionamento de calhas a precipitação deve ser fixada em 5 minutos e para o período de retorno a NBR 10844 fixa-os baseados nas características da área a ser drenada:

- T = 1 ano: para áreas pavimentadas onde empoçamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos: para coberturas e/ou terraço;
- T = 25 anos: para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados.

A intensidade de precipitação (I) a ser adotada deve ser de 150 mm/h quando a área de projeção horizontal for menor que 100m². Se a área exceder a 100m², utiliza-se a Tabela 5 (Chuvas Intensas no Brasil) da NBR 10844/1989. Para locais não mencionados nessa tabela, deve-se procurar correlação com dados dos postos mais próximos que tenham condições meteorológicas semelhantes às do local em questão

Local	Intensidade pluviométrica		
	Período de retorno (anos)		
	1	5	25
Belém	138	157	185
Belo Horizonte	132	227	230
Curitiba	132	204	228
Florianópolis	114	120	144
Ponta Grossa	120	126	148

Quadro 2: Chuvas intensas no Brasil para duração de 5 minutos (algumas cidades como exemplo)

Fonte: Autoria própria reproduzida a partir da NBR 10844/1989

A intensidade pluviométrica pode ser obtida por meio de regressão não linear com base em informações extraídas de pluviogramas para definição da equação da chuva da região desejada. Como para o dimensionamento é de interesse conhecer as máximas intensidades o melhor método é Distribuição de Gumbel também conhecida como distribuição de eventos extremos ou de Fisher Tippett e é aplicada a eventos extremos, em séries anuais. (ARANTES 2009)

Quando for de interesse estudar os valores máximos prováveis de um fenômeno, a série anual deve conter os valores máximos observados em cada ano, ordenados no sentido decrescente, que é o caso das precipitações e vazões máximas. (WATANABE 2013)

No Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) são obtidos dados de precipitação máximas diárias utilizados para a obtenção da equação da chuva. Abaixo o gráfico mostra as precipitações totais de janeiro a maio de 2017 da cidade de Cuiabá.

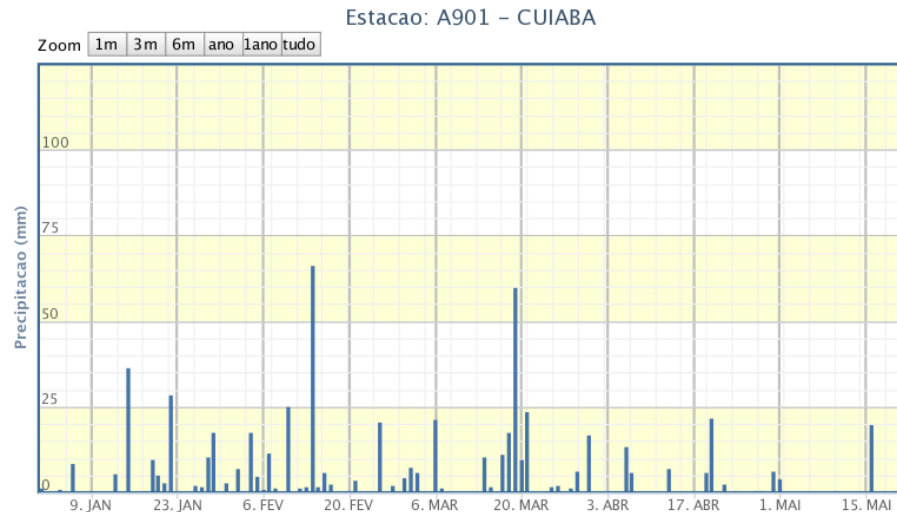


Gráfico 4.1 – Precipitação totais durante seis meses
Fonte: Gráfico gerado no BDMEP

O método de Bell associa a altura pluviométrica de uma chuva intensa para um tempo de duração e período de retorno padrão de 60 minutos e dois anos. (GARCIA, AMORIM e STOPA 2010)

A equação da chuva foi obtida com os dados da estação meteorológica situada nas coordenadas: latitude 15° 36' S e longitude 56° 06' com o período de observação de 12,8 anos de registros em pluviógrafos e de 25 anos para dados observados nos pluviômetros. (CASTRO, SILVA E SILVEIRA 2011)

De acordo com Castro, Silva e Silveira (2011) o artigo Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT) para a construção das curvas i-d-f, primeiramente, foram selecionadas as precipitações máximas de cada ano da série histórica com duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 240, 360, 480, 600, 720, 840 e 1440 minutos. Esses dados resultaram na equação da chuva para a capital Cuiabá:

$$i = \frac{1016,453T^{0,133}}{(t + 7,5)^{0,739}}$$

(1)

A soma das áreas das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para um determinado ponto de instalação chama-se área de contribuição. Ela deve ser tomada na direção horizontal e receber um incremento devido à inclinação da chuva. O vento também influencia nesse cálculo e ele é considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies analisadas. (NBR 10844/1989)

Os incrementos são calculados de acordo com a norma. Abaixo estão representados alguns exemplos:

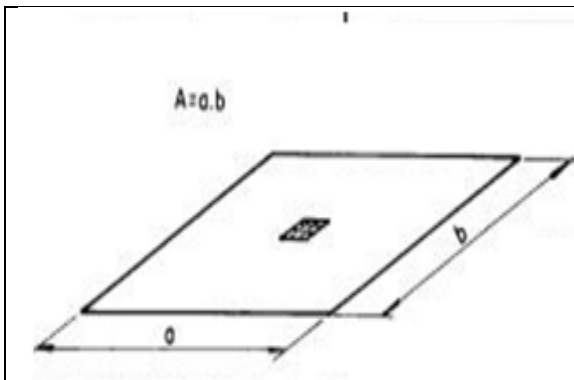


Figura 15: Figura plana horizontal

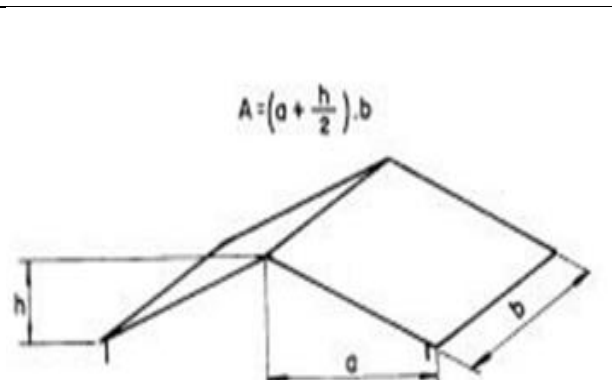


Figura 16: Superfície inclinada

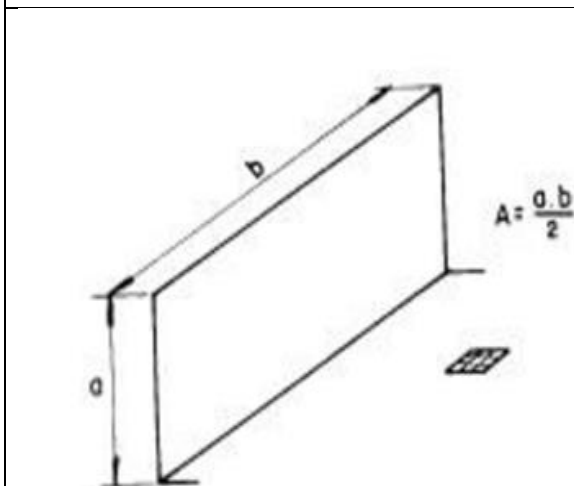


Figura 17: Superfície plana vertical única

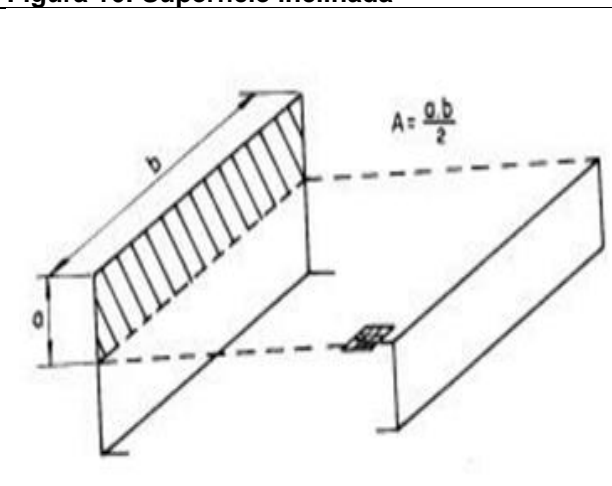


Figura 18: Duas superfícies planas verticais opostas

Fonte: NBR 10844/1989

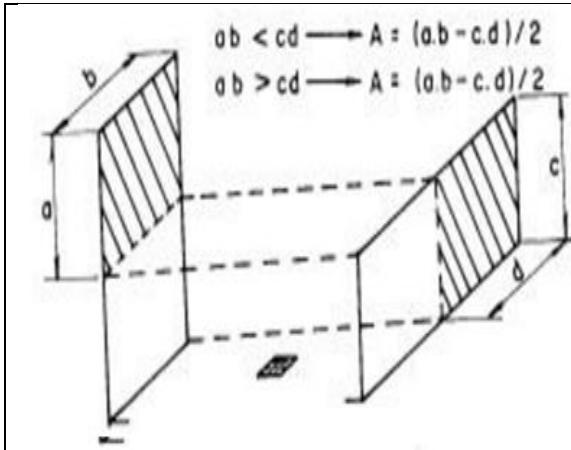


Figura 19: Duas superfícies planas verticais opostas

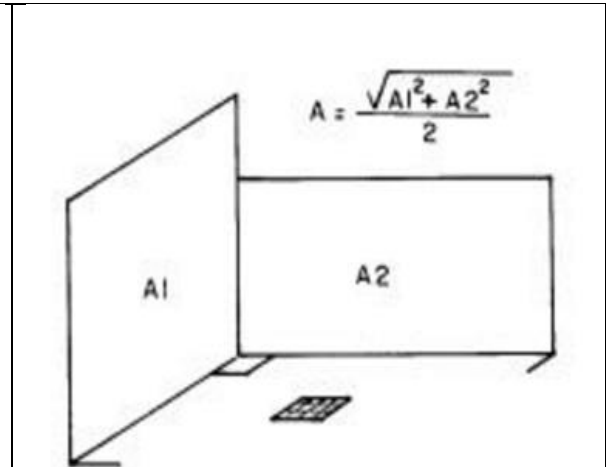


Figura 20: Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares

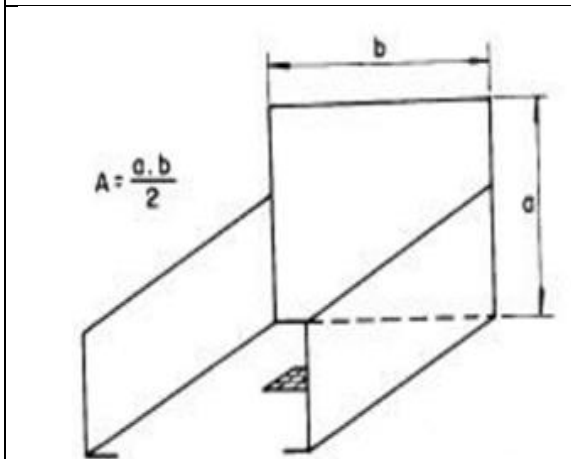


Figura 21: Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes

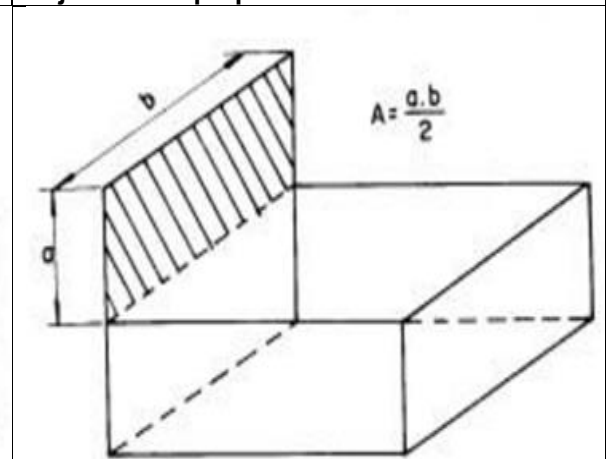


Figura 22: Quatro superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo uma com maior altura.

Fonte: NBR 10844/1989

A vazão de projeto é a vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas determinada pela fórmula:

$$Q = \frac{l \cdot A}{60}$$

(2)

Sendo:

Q = vazão de projeto (l/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m^2)

Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4 metros de uma mudança de direção à vazão de projeto deve ser multiplicada pelos seguintes fatores de acordo com a Tabela 4.2:

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída ($d < 2m$)	Curva entre 2m e 4m da saída ($2 < d < 4$)
Cano reto	1,2	1,1
Cano arredondado	1,1	1,05

Quadro 3: Fatores multiplicativos da vazão de projeto.

Fonte: NBR 10844/1989

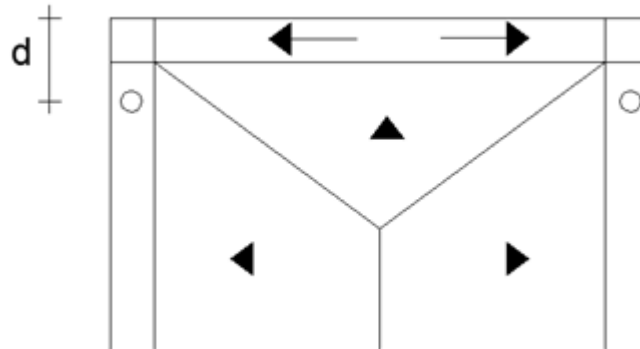


Figura 23: Calha de Seção Semicircular instalada em beiral

Fonte: GUIZI e GUGEL 2005

As calhas podem ser dimensionadas pela fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = \frac{K \cdot S^3 \sqrt{Rh^2} \sqrt{i}}{n}$$

(3)

Onde:

- Q = vazão da calha (l/min)
- S = área molhada (m²)
- RH = raio hidráulico = S/P (m)
- P = perímetro molhado (m)
- i = declividade da calha (m/m);
- n = coeficiente de rugosidade
- K = 60000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min).

Material	Coeficiente (n)
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre, latão	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmico e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Quadro 4: Indicação dos coeficientes de rugosidade dos materiais.
Fonte: NBR 10844/1989

Para cada seção existe uma forma de calcular o raio hidráulico. Para uma seção retangular o cálculo do raio hidráulico é obtido dividindo-se a área molhada pelo perímetro molhado. (ROMFIM)

$$Rh = \frac{a \cdot b}{b + 2a}$$

(4)

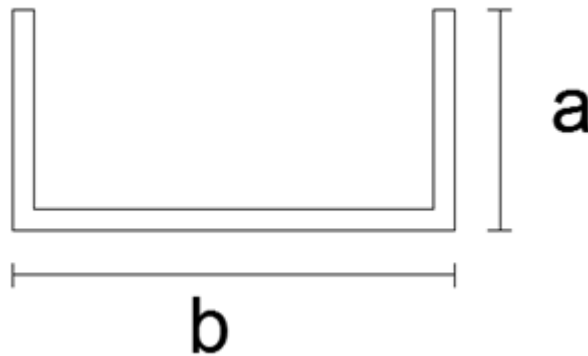


Figura 24: Calha de Seção Retangular
Fonte: ROMFIM

A seção retangular mais favorável ao escoamento ocorre quando a base é o dobro da altura d'água no canal, isto é, para valores de $b = 2a$. (ROMFIM)

Para seções de calhas semicirculares a norma fornece uma tabela com as capacidades de calhas, usando coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno. (NBR 10844/1989)

Diâmetro interno (mm)	Vazões (l/min)		
	Declividades (%)		
	0,5	1	2
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Quadro 5: Capacidade das calhas semicirculares.
Fonte: NBR 10844/1989

Os condutores deverão ser instalados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvios devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, sempre com peças de inspeção. Dependendo do tipo de edifício e material dos condutores, os mesmos poderão ser instalados interna ou externamente ao edifício. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção vertical é de 75mm e devem ser dimensionados a partir dos seguintes dados:

Q = vazão de projeto (l/min)

H = altura da lâmina de água na calha (mm);

L = comprimento do condutor vertical (m)

A partir dos dados devem-se consultar os ábacos da Figura 25 e Figura 26, da seguinte maneira: levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Deve-se adotar um diâmetro nominal interno superior ou igual ao valor encontrado no ábaco. (NBR 10844/1989)

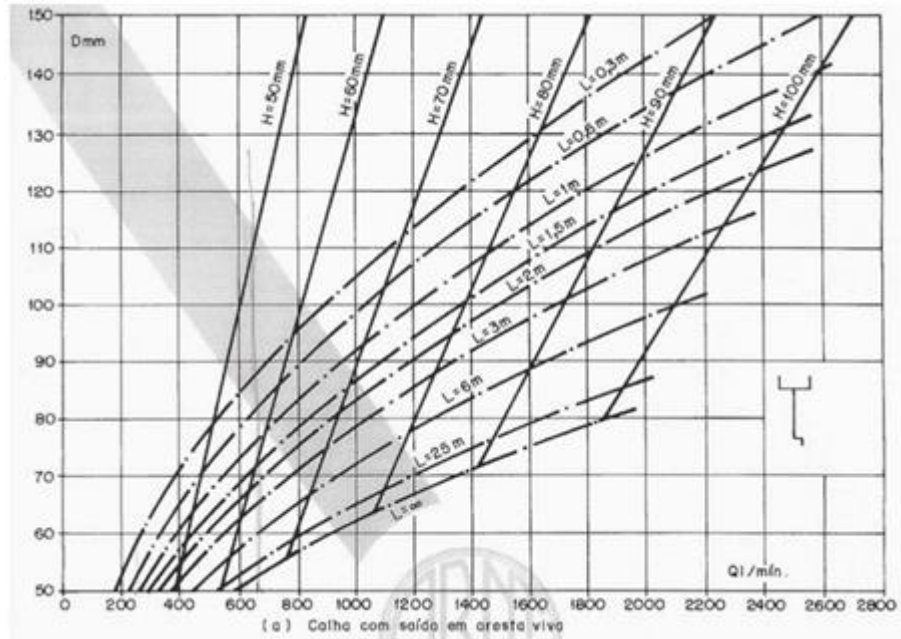


Figura 25: Dimensionamento dos condutores verticais para calha com saída em aresta viva
Fonte: NBR 10844

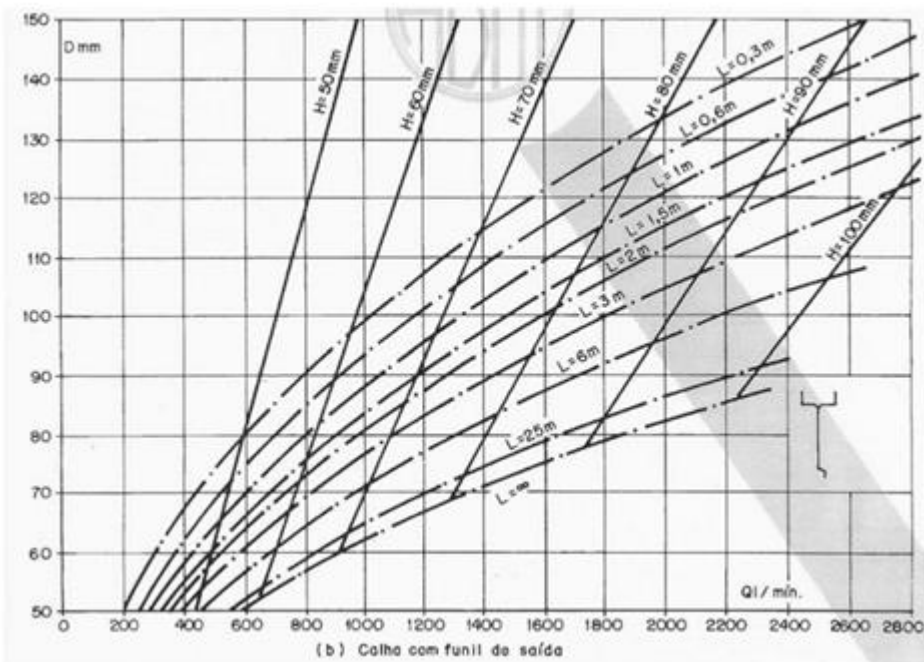


Figura 26: Dimensionamento dos condutores verticais para calha com funil de saída
Fonte: NBR 10844

2.6. Patologias relacionadas às calhas

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças. De acordo com o portal Wikipédia a palavra patologia é derivada do grego de pathos, que significa sofrimento, doença, e de logia, que é ciência, estudo. O Portal cita como sendo “o estudo das doenças em geral sob aspectos determinados”.

Na engenharia a patologia é utilizada como estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência bem como manifestações e consequências quando uma edificação não demonstra mais o desempenho estabelecido. (PAZ).

A patologia das construções não é uma ciência moderna. A presença de problemas nas primeiras casas construídas rusticamente pelo homem primitivo já eram relatadas pelo próprio Código de Hamurabi por volta de 1700 a.C. (SOUZA 2008).

“Art. 227 - "Se um construtor edificou uma casa para um Awilum, mas não reforçou seu trabalho, e a casa que construiu caiu e causou a morte do dono da casa, esse construtor será morto.”

Ou ainda:

229º - Se um arquiteto constrói para alguém e não o faz solidamente e a casa que ele construiu cai e fere de morte o proprietário, esse arquiteto deverá ser morto.

230º - Se fere de morte o filho do proprietário, deverá ser morto o filho do arquiteto.

231º - Se mata um escravo do proprietário ele deverá dar ao proprietário da casa escravo por escravo.

232º - Se destrói bens, deverá indenizar tudo que destruiu e porque não executou solidamente a casa por ele construída, assim que essa é abatida, ele deverá refazer à sua custa a casa abatida.

233º “- Se um arquiteto constrói para alguém uma casa e não a leva ao fim, se as paredes são viciosas, o arquiteto deverá à sua custa consolidar as paredes.” (Transcrição por Fusco)

A maior causa de patologia nas construções e um dos problemas mais difíceis de ser corrigido é a umidade. (PEREZ 1985).

Os problemas causados pela umidade quando surgem em uma construção degradam rapidamente e causam desconforto para o usuário, possuindo estes, muitas vezes, soluções caras se comparadas ao investimento com a prevenção. (SOUZA 2008)

A chuva é o agente mais comum para gerar umidade, tendo como fatores importantes a direção e a velocidade do vento, a intensidade da precipitação, a umidade do ar e fatores da própria construção como impermeabilização, porosidade de elementos de revestimentos, sistemas precários de escoamento de água, dentre outros. (SOUZA 2008)

Os vazamentos em calhas e outros aparelhos com a finalidade de coletar água vinda das chuvas são muito comuns. Estes vazamentos são manifestados através de manchas nos forros ou paredes que ficam logo abaixo do sistema de captação de água pluvial. (VERÇOZA 1991).



Foto 1: Manchas no teto devido à infiltração na calha
Fonte: Autoria própria, 2016

Nesse tipo de vazamento, a localização, a identificação e o diagnóstico deste defeito são muito simples, podendo ser feito através de uma inspeção visual logo após uma chuva. São variadas as causas de infiltração ocasionadas pelas calhas:

Ferrugem de pregos: Os pregos enferrujados podem causar furos nas calhas por onde a água passa livremente alcançando a parte interna da cobertura.

Soldas: Locais de emendas com soldas incompletas ou danificadas são canais para a infiltração de águas pluviais.



Foto 2: Solda danificada
Fonte: Autoria própria, 2016

Dimensionamento: Um mau dimensionamento resulta em uma seção insuficiente para suportar o volume de chuva em determinados períodos. Desde modo, quando a um aumento significativo no índice pluviométrico, ocorre o transbordo de água comprometendo toda a extensão da calha.



Foto 3: Transbordo por mau dimensionamento.
Fonte: Autoria própria, 2016

Detalhamento em projeto: A falta do detalhamento da calha no projeto pode acarretar situações na qual o lado interno da calha pode estar mais baixo que o externo, onde ocorre o extravasamento para dentro no caso de transbordo.

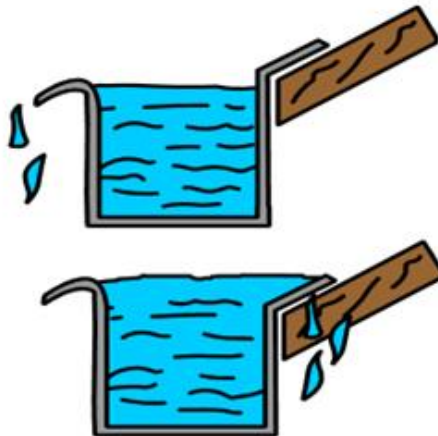


Figura 27: Falta de detalhamento do projetada.
Fonte: Adaptação de VERÇOZ, 1991

Execução: A execução da calha é uma parte muito importante podendo comprometer todo o sistema. Situações em que o caimento encontra-se invertido, ou com bacias de acumulação são comuns.

Entupimento: O transbordo nas calhas pode ocorrer devido a entupimento do conduto por folhas, galhos e outros objetos.

Deformação: Calhas feitas de materiais inferiores podem apresentar deformações na sua instalação ou durante seu uso. Essas deformações podem ser amassamentos que podem gerar vazamentos ou desempenho inadequado do sistema.



Foto 4: Amassamento da calha
Fonte: Autoria própria, 2016

A tabela a seguir faz um resumo dos possíveis erros para a ocorrência de problemas devido às calhas relacionados com suas causas e manifestações.

ERROS	CAUSAS	MANIFESTAÇÕES
Projeto	Seção insuficiente para a vazão nas calhas e condutores	Manchas nos forros
Execução	Soldas incompletas ou rompidas	
	Pouco caimento para escoamento da água	
Manutenção	Calhas sem apoio	
	Uniões inadequadas nos tubos de queda	Escorrimentos nas paredes
	Degradação dos materiais utilizados nas calhas (oxidação das calhas)	
Manutenção	Furos nas calhas e condutores	Mofo
	Entupimento por materiais	
Materiais	Deformação nas calhas	Bolhas nas pinturas
	Qualidade Baixa	

Quadro 6: Resumo das patologias relacionadas às calhas.
Fonte: Autoria própria 2016.

3. METODOLOGIA

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica para conhecer a definição de calhas, quais os principais modelos, materiais de fabricação, acessórios necessários para sua instalação. Nessa pesquisa também consta os passos para o projeto de dimensionamento das calhas de acordo com a Norma de Instalações prediais de água pluviais (NBR 10844).

No momento seguinte foi realizado um levantamento fotográfico de calhas já instaladas nas coberturas de alguns imóveis para observar a ocorrência das patologias ligadas ao sistema de águas pluviais. Os registros fotográficos foram realizados por meio de visita em loco.

A revisão bibliográfica também apresentou dados retirados do artigo Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT) o qual apresenta uma equação de chuva com base no estudo das séries com os valores máximos anuais da precipitação de um dia. Esses dados foram tratados de acordo com a Distribuição de Gumbel e estimados pelo método de máxima verossimilhança e como resultado foi elaborada uma equação da chuva para a cidade de Cuiabá. Dessa forma utilizado como embasamento para calcular as intensidades médias para o período de retorno de 1, 5 e 25 anos com a duração de 5 minutos.

Posteriormente foi feito um projeto de uma casa de 50m² com calhas laterais como exemplo para demonstrar o seu dimensionamento utilizando as instruções contidas na norma de Instalações prediais de águas pluviais (NBR 10844). A cobertura desse projeto é dividida em duas águas que irão receber os volumes de precipitações os quais serão escoados pelas calhas indicadas nas laterais.

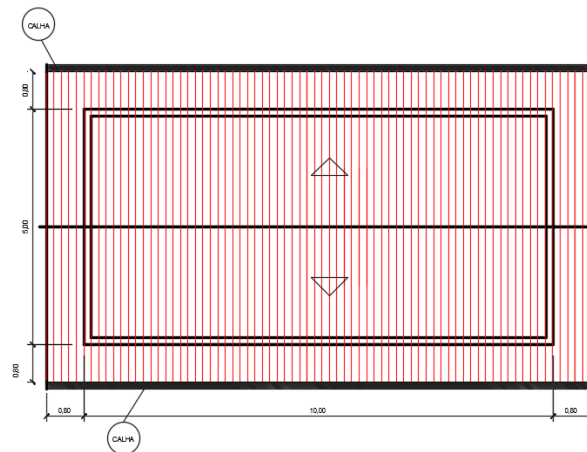


Figura 28: Projeto de cobertura exemplo para o cálculo da calha
Fonte: Autoria própria

No desenho a cobertura está dividida exatamente no meio da construção. Por esse motivo foi utilizado somente um pano de telhado para os cálculos. O pano de telhado tem as seguintes dimensões:

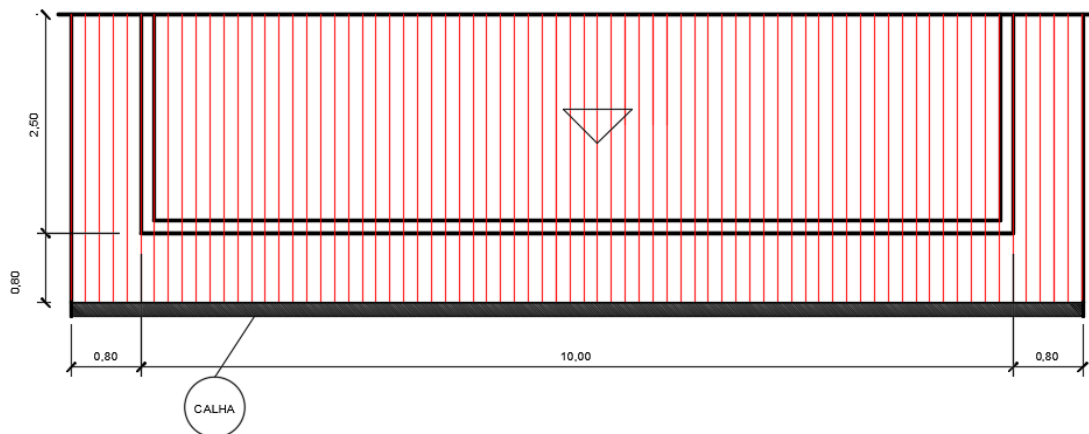


Figura 29: Dimensões do pano de telhado utilizado nos cálculos
Fonte: Autoria própria

Na NBR 10844/89 para determinação do tamanho da calha é necessário que se calcule a vazão de projeto por meio da Equação 2 contida na página 33.

A área de contribuição foi obtida pela fórmula indicada na norma de acordo com a inclinação do telhado.

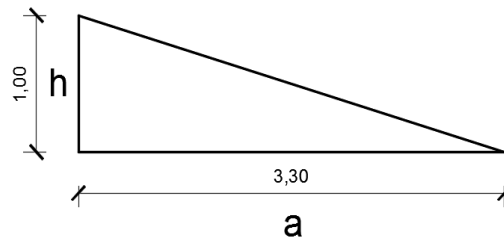


Figura 30: Geometria do telhado tomado como exemplo
Fonte: Autoria própria

Nesse caso a cobertura se assemelha com a Figura 16 e a fórmula indicada pela norma obteve-se o valor da área:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b$$

(6)

O primeiro cálculo foi realizado de acordo com a norma, utilizando a intensidade pluviométrica obtida no anexo 5 da própria NBR 10844/1989. Para a cidade de Cuiabá existem valores de intensidades para o período de retorno de 1, 5 e 25 anos:

	Período de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)
Cuiabá	1	144
	5	190
	25	230

Quadro 7: Intensidades pluviométricas da cidade de Cuiabá
Fonte: NBR 10444/1989

Com o valor da vazão é possível dimensionar a calha por meio da fórmula de Manning-Strickler

Na fórmula a inclinação adotada foi a mínima indicada pela norma de 0,5% (0,005m/m), o valor de K já é determinado, já a rugosidade considerada foi a menor utilizada para materiais plásticos, aço, fibrocimento e metais, logo as mais utilizadas na confecção de condutores horizontais.

$$Q = \frac{K \cdot S^3 \sqrt{Rh^2} \sqrt{i}}{n} \quad (9)$$

Para a determinação das dimensões da calha foi considerada que ela seja de seção retangular com a base sendo chamada de b e a altura de a conforme abaixo:

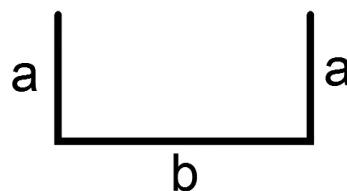


Figura 31: Desenho esquemático da calha para os cálculos realizados
Fonte: Autoria própria

Para facilitar os cálculos foi adotado que a base seja duas vezes maiores que a altura, logo:

$$b = 2 \cdot a \quad (10)$$

Sendo assim a área molhada da fórmula (S) pode ser reescrita da seguinte forma:

$$S = a \cdot b \quad (11)$$

$$S = 2a^2 \quad (12)$$

Já o raio hidráulico pode ser reescrito como:

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (13)$$

$$Rh = \frac{a \cdot b}{b + 2a} \quad (14)$$

$$Rh = \frac{2a^2}{4a} \quad (15)$$

$$Rh = \frac{1}{2}a \quad (16)$$

Dessa forma a equação de Manning Strickler fica em função somente de uma incógnita:

$$Q = K \frac{2a^2}{n} (0,5a)^{2/3} i^{1/2} \quad (17)$$

Com a equação 17 foi possível calcular a dimensão da altura e da base da calha estudada.

Para comparar o tamanho da calha atingido com as instruções da norma foi utilizada a equação da chuva para a cidade de Cuiabá obtida do estudo Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT):

$$i = \frac{1016,453T^{0,133}}{(t + 7,5)^{0,739}} \quad (18)$$

Nessa equação obter-se o valor da intensidade média de acordo com o seu período de retorno T em anos e da duração da chuva t em minutos.

Com essas novas intensidades foi recalculada a vazão de projeto e as dimensões da calha. Com esses dois cálculos de calha com intensidade diferentes foi possível compará-los e tirar algumas conclusões a respeito da norma em vigor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a visita em loco foram obtidos alguns registros fotográficos indicando as causas das patologias relacionadas as calhas.

Na Foto 5, Foto 6 e Foto 7 pode-se observar deformações, ou seja amassados. Essa patologia pode ser ocasionada por algum choque de outro material com a calha ou devido ao material ser de baixa qualidade e com a espessura muito fina. O material utilizado na confecção das calhas é um importante fator para que estas tenham um bom desempenho.



Foto 5: Deformação lateral da calha
Fonte: Autoria própria, 2016



Foto 6: Deformação lateral da calha
Fonte: Autoria própria,2017



Foto 7: Calha com torção em sua extensão
Fonte: Autoria própria,2016

A fotografia 8 evidencia um problema na execução, pois o caimento dessa calha está com pouca inclinação. Dessa forma quando ocorre uma chuva, a água não consegue escoar totalmente e fica empçada ao longo de sua extensão.



Foto 8: Calha com declividade errada
Fonte: Autoria própria, 2017

Devido a infiltração pela falta de declividade da calha mostrada na Foto 7 a água da chuva causou danos no forro de gesso da construção como pode-se observar na imagem abaixo:



Foto 9: Forro soltando devido a infiltração da calha
Fonte: Autoria própria, 2017

Outro exemplo de calha com inclinação errada pode ser observada na fotografia abaixo contendo água empoçada que propiciam na proliferação de insetos.



Foto 10: Calha com declividade errada
Fonte: Autoria própria, 2017

Outra manifestação da execução falha estão apresentadas nas fotos 2 e 4 contidas na página 39 e 41 respectivamente. Na Foto 2 a solda da ligação na emenda de duas calhas não foi bem feita e acabou se descolando uma da outra. Já na Foto 4 faltou a correta ligação entre o tubo de queda e o final da calha. Essas falhas fazem com que a água não seja transportada corretamente.

As imagens Foto 11, Foto 12, Foto 13, Foto 14 e Foto 15 apresentam um dos principais agravantes de patologias nas calhas: a falta de manutenção. Após serem instaladas as calhas precisam de manutenção periódica quanto a sua limpeza para impedir que folhas e outros objetos se acumulem e obstruam o escoamento da água.

As fotografias abaixo demonstram diversas edificações com um grande acúmulo de folhas ao longo de sua extensão.



Foto 11: Calha com folhas obstruindo a passagem da água
Fonte: Autoria própria, 2017



Foto 12: Calha com problema de obstrução
Fonte: Autoria própria, 2017



Foto 13: Acumulo de folhas na calha
Fonte: Autoria própria, 2017



Foto 14: Acumulo de sujeira na calha
Fonte: Autoria própria, 2017



Foto 15: Calha com falta de manutenção para retirada de folhas
Fonte: Autoria própria, 2017

A imagem a seguir mostra uma calha oxidada e com buracos deixando livre a passagem da água para dentro da construção. Quando uma calha atinge esse estado de deterioramento a única solução é que ela seja substituída.



Foto 16: Calha com corrosão
Fonte: Autoria própria, 2017

Quando ocorre o acúmulo de água na calha as infiltrações surgem e chegam a danificar a parte interna da edificação como observada nas imagens Foto 17 e Foto 18:

Na Foto 17 observa-se marcas por onde a água da chuva escorre na parede danificando a pintura e o forro:



Foto 17: Infiltração proveniente de calha
Fonte: Autoria própria,2017

Já a Foto 18 exibe uma parede com proliferação de mofo causado pela umidade sendo esta prejudicial à saúde do usuário daquele ambiente.



Foto 18: Parede com mofo
Fonte: Autoria própria, 2017

A tabela abaixo apresenta um resumo dos principais erros cometidos no sistema de captação de águas pluviais, suas causas mais frequentes e as fotografias apresentadas nesse trabalho que ilustram esses problemas:

ERROS	CAUSAS	Fotografias
Projeto	Seção insuficiente para a vazão nas calhas e condutores	3
Execução	Soldas incompletas ou rompidas	2
	Pouco caimento para escoamento da água	8, 10
	Calhas sem apoio	
	Uniões inadequadas nos tubos de queda	4
Manutenção	Degradação dos materiais utilizados nas calhas (oxidação das calhas)	16
	Furos nas calhas e condutores	
	Entupimento por materiais	11, 12, 13, 14 e 15
Materiais	Deformação nas calhas	5, 6, 7
	Qualidade Baixa	

Quadro 8: Resumo das causas das patologias

Fonte: Autoria própria, 2017.

Nesse quadro é possível observar que a falta de manutenção é um dos principais erros cometidos o qual prejudica diretamente no escoamento da água da chuva.

Já o problema no dimensionamento não foi tão evidenciado por registros fotográficos devido ao período de coleta das imagens ser a época da estiagem na região.

A insuficiência de coleta da vazão total da água da chuva é um erro ocasionado no projeto de dimensionamento da calha. Esse erro foi exposto na Foto 3 apresentada na página 40 na qual se observa o transbordo da água devido a sua seção ser pequena.

Para verificar se as mudanças meteorológicas ocorridas nos últimos anos influenciaram no cálculo de dimensionamento de calha sugerido pela NBR 10844/1989 foram realizados dois cálculos a partir de um projeto de cobertura de uma construção de 50 metros quadrados como descritos na metodologia

Seguindo as instruções da norma a área de contribuição do telhado foi calculada resultando como valor utilizado 40,6 metros quadrados.

Com o valor da área e das intensidades retiradas do Anexo 5 da norma foram calculadas as vazões para cada período de retorno e apresentadas na tabela abaixo:

	Período de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	Área de contribuição	Vazão (L/mim)
Cuiabá	1	144	40,6	97,44
	5	190	40,6	128,5666667
	25	230	40,6	155,6333333

Quadro 9: Vazão de projeto calculada

Fonte: Autoria própria

Utilizando a Equação 17 com os valores de vazão obtidos as seções de altura e base para as calhas de acordo com seu período de retorno estão contidas abaixo:

Vazão (L/mim)	a (cm)	b (cm)
97,44	4,104936005	8,209872011
128,5666667	4,554629522	9,109259044
155,6333333	4,892923154	9,785846308

Quadro 10: Dimensões da calha calculada

Fonte: Autoria própria

Utilizando a equação da chuva (Equação 18) foi possível obter-se o valor da intensidade média de acordo com o seu período de retorno T em anos e da duração da chuva t em minutos e também o valor das suas respectivas vazões:

	Período de	Intensidade	Area de contribuição	Vazão (L/mim)
Cuiabá	1	157,2061459	40,6	106,3761587
	5	194,7298508	40,6	131,767199
	25	241,2101294	40,6	163,2188542

Quadro 11: Intensidade calculadas por meio da equação da chuva

Fonte: Autoria própria

Dessa forma por meio da Equação 17 tendo como base os novos valores de vazão foi possível obter-se as seguintes dimensões para calha:

Vazão (L/mim)	a (cm)	b (cm)
106,38	4,242310066	8,484620133
131,76	4,596727485	9,193454971
163,21	4,980924394	9,961848788

Quadro 12: Dimensão da calha com a nova vazão
 Fonte: Autoria própria

Na norma NBR 10844/1989 o valor das intensidades pluviométricas de Cuiabá recomendadas para cálculo chegam até 8% menor que as intensidades calculadas a partir da equação da chuva utilizada. Abaixo o quadro comparativo mostra a diferença entre essas intensidades:

Período de retorno (anos)	Intensidade Pluviométrica da norma (mm/h)	Intensidade Pluviométrica da equação da chuva (mm/h)	Diferença em porcentagem
1	144	157,06	8,32
5	190	194,72	2,42
25	230	241,21	4,65

Quadro 13: Diferença percentual das intensidades
 Fonte: Autoria própria

Essas diferenças de intensidade implicam no aumento da dimensão da calha necessária para suportar o volume de chuva já registrado nas estações meteorológicas. Ou seja, as calhas que estão sendo dimensionadas a partir da norma não estão preparadas para captar todo volume de chuva. No quadro a seguir estão os comparativos da diferença de área da calha.

Área da calha com a Norma (m ²)	Área da calha com a equação (m ²)	Diferença em porcentagem(%)
33,70	35,99	6,371521286
41,49	42,26	1,82326194
47,88	49,62	3,502315851

Quadro 14: Diferença de área da calha
Fonte: Autoria própria

A diferença percentual no período de retorno de 1 ano apresentou um valor de 6%. Esse valor é muito significativo quando trata-se de uma precipitação intensa.

A norma em seu texto cita que caso seja necessário o projetista pode utilizar-se de dados locais de precipitação para melhor dimensionar a calha. Porém nem todas as regiões possuem equações de chuva incentivando assim que seja utilizado o Anexo 5 na norma.

Como a NBR 10844 foi publicada em 1989 e ela prevê um período de retorno de 25 anos em 2014 esse período já foi ultrapassado. Dessa forma, mesmo que a norma sugere que a utilização de dados locais ela deveria passar por uma atualização por sua defasagem em tempo.

5. CONCLUSÃO

As calhas, como discorrido, desempenham um papel muito importante no auxílio da conservação dos telhados e no bom desempenho da vida útil da edificação.

O trabalho apresentou registros fotográficos de construções diversas na cidade de Cuiabá para expor a situação das calhas instaladas.

Nas fotografias foi possível observar problemas como falta de declividade da calha ocorrem com frequência. Esse erro seria minimizado com a realização de um projeto arquitetônico específico para os coletores de águas pluviais.

Com o projeto detalhando a dimensão, localização dos apoios e declividade dos coletores horizontais e verticais aliado com a presença do profissional habilitado na hora da instalação do sistema, sanaria os as causas relacionadas com os problemas de execução.

Já o problema como o acúmulo de material orgânico depositado nas calhas é facilmente evitado desde que os usuários das construções realizem periodicamente manutenção nos sistemas de águas pluviais antes do período de chuva.

Outro problema evidenciado nas fotografias foi a insuficiência da calha coletar toda precipitação de água da chuva. Para melhor analisar esse problema foi realizado um dimensionamento como exemplo utilizando a norma NBR 10844/89 e uma equação da chuva da cidade de Cuiabá.

Nos cálculos foi possível observar que a calha dimensionada por meio da norma e utilizando as intensidades de chuva contidas no anexo 5 da mesma, resultaram em uma seção de coletor menor que a calha dimensionada utilizando a equação da chuva.

Isso significa que a norma publicada em 1989 a qual prevê um período de retorno de 25 anos já está incompatível com os índices pluviométricos, necessitando passar por uma atualização. Os cálculos, por mais que simples, identificaram que em algumas regiões – como a estudada – possuem alterações no seu regime de chuva implicando diretamente no dimensionamento dos sistemas de captação de águas pluviais.

Dessa forma, com o correto dimensionamento e uma maior atenção dos projetistas em detalhar o sistema de coleta de águas pluviais é possível que gastos futuros com problemas de infiltração sejam minimizados e a vida útil da edificação seja prolongada.

Por fim, os registros fotográficos e os cálculos realizados foram significativos para a observação das patologias relacionadas as calhas, um tema pouco discutido ao decorrer dos cursos de Engenharia Civil, entretanto tão considerável se relacionado as infiltrações causadas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Índices de precipitações. Brasília. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=-bdmep/bdmep>> Acesso em: 13 out. 2016

SOS CASA CONTRUÇÕES E REFORMAS. Diferença entre calhas e rufos e sua importância. Florianópolis. 2015. Disponível em: <<http://www.soscasaengenharia.com.br/2014/blog-ler/45/>> Acesso em: 15 out. 2016.

VENTURINI, JAMILA. Características da cobertura condicionam escolha de sistema de impermeabilização. Técnica, São Paulo, n. 205, abr. 2014

ARAÚJO. Teresa. Notas de aula do curso de construção de edifícios I – escoamento de águas pluviais. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal do Ceará. 2013

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas não potáveis. Capítulo 4 - Calhas e condutores. {S.l] VirtualBooks, 2010. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 17 out. 2016.

ARAÚJO. Teresa. Notas de aula do curso de construção de edifícios I – escoamento de águas pluviais. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal do Ceará. 2013

GHISI, Enedir. GUGEL, Eloir C. Notas de aula do curso de construção de Instalações I – instalações prediais de águas pluviais. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal de Santa Catarina 2005.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. Livros Técnicos e Científicos Editora, 5a Edição. 1995

NEPPE MATERIAIS ELÉTRICOS. Calhas e rufos. Santo André. São Paulo. Disponível em: <<http://neppe.com.br/calhas-rufos/>> Acesso em: 15 out. 2016.

CALHAS SÃO MARCOS. Dimensionamento do esgoto pluvial. Variginha. Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.calhassaomarcos.com.br/-dimensionamentodoesgoto.htm>> Acesso em: 15 out. 2016.

Norma NBR 10844: (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1989). Instalações prediais de águas pluviais.

Norma NBR 5688: (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1999). Sistemas Prediais de água Pluvial e Esgoto Sanitário.

ROMFIM, Silvia. Notas de aula do curso de construção de Instalações hidráulicas e prediais. Curso de Construção Civil da Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT. Sinop. Disponível em: <http://sinop.unemat.br/site_antigo/-prof/-foto_p_downloads/fot_9556aula_05_-_aguas_pluviais_pdf.pdf>. Acesso em: 16 out 2016.

BOHN, Adolar R. Notas de aula do curso de Instalação predial de águas pluviais construção. Curso de Construção Civil Da Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/ap.pdf>> Acesso em: 15 out. 2016.

FUSCO, Péricles Brasiliense. Controle da Resistência do Concreto. Revista Informa da Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural. Edição 89. Jan/Fev de 2012.

VERÇOZA, E. J. Patologia das Edificações. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.172p.

EULICALHAS. A origem das calhas. Campinas. São Paulo. Disponível em: < <https://eulicalhas.com/2014/06/21/a-origem-das-calhas/>>. Acesso em 13 nov 2016.

WIKIPÉDIA. A enciclopédia livre. Arquitetura da Roma Antiga. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquitetura_da_Roma_Antiga>. Acesso em 13 nov 2016

CALHAFORTE. Peças para colocação da calha. Disponível em:< http://www.calhaforte.com.br/index.php?pagina=calhas_dicas>. Acesso em: 13 nov. 2016.

TIGRE. Instalação de Calha Aquapluv Style TIGRE – HD.You tube, 2010. Vídeo disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=tJJT7NH5R8Y>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

FAZFACIL. Instalação das calhas pluviais no telhado. Disponível em: < <http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/instalacao-calha-telhado/>>. Acesso em: 13 nov. 2016.

Notas de aula de coberturas. Curso de técnica de construção civil e construção de edifícios. Centro de Ensino Superior do Amapá. Disponível em: <http://www.ceap.br/artigos/ART30042009211401.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2016

MOPA Indústria e Comércio Ltda. Catálogo de Chapas Galvanizadas. Guarulhos. São Paulo. Disponível em: <http://www.mopa.com.br/static/-catalogos_downloads/75cba95c469daf40d493eb6d0d6fc17309092304.pdf.> Acesso em: 17 de nov. 2016.

AMANCO. Calha pluvial. Disponível em: < <http://amanco.com.br/produtos-/predial/captacao-pluvial/calha-pluvial>>. Acesso em: 17 de nov. 2016.

LACERDA. Rodrigo e LIMA. Thuanny. Cobre e Alumínio. Curso de Engenharia Mecânica. Unianhanguera. Setembro 2009. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAUVMAH/cobre-aluminio>>. Acesso em: 17 de nov. 2016.

MACHADO. Maria Clara. Cuiabá tem a maior chuva do ano. Fevereiro 2017. Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/02/14/cuiaba-tem-a-maior-chuva-do-ano-8299>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.

Portal de notícias G1. Icapuí registra maior chuva do ano; choveu 216mm. Fevereiro 2017. Disponível em: < <http://g1.globo.com/ceara/noticia/2017/02-/icapui-registra-maior-chuva-do-ano-choveu-216-mm-diz-funceme.html>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.

Portal de notícias Climatempo. Belém registra maior chuva/24h no Brasil. Janeiro 2017. Disponível em: < <https://noticias.terra.com.br/climatempo/belem-registra-maior-chuva24h-no-br,545db243129a3666b0557e825ccb7232-vbclh149.html>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.

EXPOSIT. Karem Deali. Clima tropical. 2013. Disponível em: < <http://www.infoescola.com/geografia/clima-tropical/>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.

CASTRO, Ana; SILVA, Camila e SILVEIRA, Alexandre. Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT). 2011. Disponível em: < <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/viewFile/0857/1267>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.

GARCIA. Samantha, AMORIM, Ricardo e STOPA, Werico. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do

Estado de Mato Grosso. 2010. . Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n6/v15n06a06.pdf>>. Acesso em: 10 de maio. 2017.