



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CTRN - CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA

**PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES RURAIS DO
SEMIÁRIDO**

ABDON DA SILVA MEIRA FILHO

Campina Grande - Paraíba
Agosto de 2014

ABDON DA SILVA MEIRA FILHO

**PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA
EM EDIFICAÇÕES RURAIS DO SEMIÁRIDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de doutor.

Área de concentração:

Construções Rurais e Ambiência

Orientadores:

Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento

Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto

M514p Meira Filho, Abdon da Silva.

Patologias de sistemas de captação de água de chuva em edificações rurais do semiárido / Abdon da Silva Meira Filho. Campina Grande, 2014.

117 f.: il.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento, Prof. Dr. José Pinheiro Lopes Neto".

Referências:

1. APO. 2. Análise Funcional. 3. Cisternas. I. Nascimento, José Wallace Barbosa do. II. Lopes Neto, José Pinheiro. III. Título.

CDU 631.21(043)



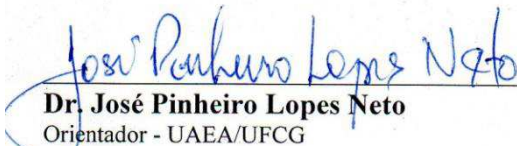
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

ABDON DA SILVA MEIRA FILHO


PATOLOGIAS DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA EM
EDIFICAÇÕES RURAIS DO SEMIÁRIDO

BANCA EXAMINADORA

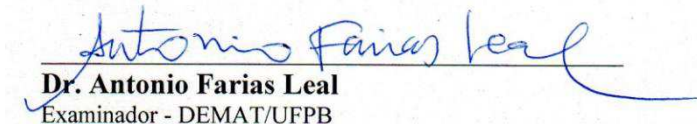
PARECER


Dr. José Pinheiro Lopes Neto
Orientador - UAEA/UFCEG

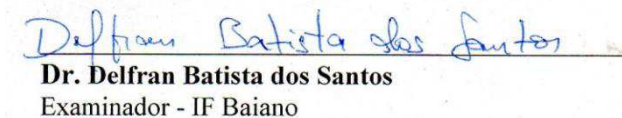
APROVADO


Dr. José Wallace Barbosa do Nascimento
Orientador - UAEA/UFCEG

APROVADO


Dr. Antonio Farias Leal
Examinador - DEMAT/UFPB

APROVADO


Dr. Delfran Batista dos Santos
Examinador - IF Baiano

APROVADO


Dr. Carlos de Oliveira Galvão
Examinador - UAEC/UFCEG

APROVADO


Dr.ª Soahd Arruda Rached Farias
Examinadora - UAEA/UFCEG

APROVADO

AGOSTO DE 2014

É preciso ver o que não foi visto, ver outra vez o que se viu já, ver na primavera o que se vira no verão, ver de dia o que se viu de noite, com o sol onde primeiramente a chuva caía, ver a seara verde, o fruto maduro, a pedra que mudou de lugar, a sombra que aqui não estava. É preciso voltar aos passos que foram dados, para repetir e para traçar caminhos novos ao lado deles. É preciso recomeçar a viagem. Sempre”.

José Saramago

A Abdon e Maria das Dores, meus pais (*in
memoriam*) e, especialmente a Vera,
dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande, por meio das Unidades Acadêmicas de Design e Engenharia Agrícola, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Aos moradores dos Assentamentos Serra do Monte, Belo Monte e Campos Novos, pela participação na pesquisa de campo.

À Coonap, pela disponibilização de dados dos assentamentos e por facilitar nosso contato com lideranças das localidades.

Aos professores José Wallace Barbosa do Nascimento e José Pinheiro Lopes Neto, pela orientação e estímulo.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela agradável convivência.

À minha linda e querida família (Vera, Naiara, Marcela, Ian, Lia, Dudu e Helô), conjunto dos meus amores.

Aos meus alunos no Curso de Design da UFCG, pela compreensão da minha ausência em momentos finais deste trabalho;

Enfim, a minha gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial a Ian e David, pela ajuda na coleta de dados, em pleno sol do Semiárido.

RESUMO

As áreas rurais, que no Brasil abrigam cerca de 30 milhões de pessoas, em 8,1 milhões de domicílios, são as mais carentes de infraestrutura de saneamento, especialmente no tocante ao abastecimento de água. Na busca de alternativas para este problema, se destaca o uso da tecnologia denominada Sistema de Captação de Água de Chuva (SCAC). Não obstante os benefícios que trazem às famílias, essas instalações apresentam problemas estruturais e/ou de uso, demandando avaliações sistemáticas. Tomando por base a metodologia de Avaliação Pós Ocupação (APO) e técnicas de Análise Funcional de Produto, este estudo apresenta o desenvolvimento de uma proposta metodológica para a avaliação de patologias em SCACs. Realizou-se, para sua validação, uma pesquisa de campo em 132 edificações residenciais, em três assentamentos rurais do Semiárido paraibano. Como instrumento de pesquisa foi desenvolvida uma Ficha de Avaliação de Patologias por meio da qual se coletaram dados do usuário; do produto; da interface usuário/produto e das ocorrências patológicas dos sistemas e, como resultado, identificou-se baixo grau de escolaridade dos usuários dos SCACs, bem como forte dependência econômica dos programas assistencialistas e aposentadorias. Os sistemas avaliados apresentaram ocorrência de 65 patologias das mais diversas ordens, que incluem desde o "deslocamento de telhas" com ocorrência em mais de 45% das residências, a inadequações no subsistema de condução em cerca de 30% dos sistemas. Verificou-se relação de dependência entre a patologia "ausência parcial de calhas" e a origem da água armazenada (chuva, carro-pipa e chuva + carro-pipa). Nas cisternas, as patologias mais frequentes foram: "porta de visita construída com material inadequado"; "ocorrência de fissuras" e "ocorrência de vazamento de água". Observou-se relação de dependência entre as duas últimas patologias. Como produto final, elaborou-se um catálogo ilustrado com a descrição das patologias mais relevantes ocorrentes em SCACs, visando à identificação rápida e inequívoca de patologias em vistorias técnicas nesses aparatos.

Palavras-chave: APO; análise funcional; cisternas.

ABSTRACT

Rural areas, which house in Brazil about 30 million people in 8.1 million households, are the poorest in sanitation infrastructure, especially when it comes to water supply. In the search for alternatives to the problem of water supply for human consumption the Captation of Rainwater System (SCAC), stands out. This apparatus is widely disseminated in rural areas of the northeastern semiarid. However, despite the undeniable benefits that it brings to the families, these systems have shown structural problems or usage, requiring systematic reviews. Based on the Post Occupancy Evaluation methodology (POE) and Product Design Techniques, this paper presents the development of a methodology for evaluating pathologies in SCACs. To validate this proposal, a field research was conducted in 132 residential buildings of three rural settlements of Paraiba semiarid. An evaluation form was developed for data collection of the user; the product; the user/product interface. The results show that users have low degree of schooling and strong economic dependence of assistentialist programs and retirements. It was verified the occurrence of 65 pathologies of various orders in the SCACs, ranging from the "displacement of tiles" occurring in over 45% of households, to inadequacies in the driving subsystem, occurring in about 30% of the systems. There was a dependency relationship between the pathology "Partial absence of the gutters" and the source of stored water (rain, car pipe and rain + car pipe). The most frequent pathologies in the tanks were "cistern door built with inappropriate materials"; "occurrence of cracks" and "occurrence of water leakage." There was dependent relationship between the last two conditions. As a final product, it was prepared an illustrated catalog with a description of the most important pathologies occurring in SCACs, aiming at rapid and unambiguous identification of pathologies in survey technical in these devices.

Keyword: POE; functional analysis; inspection.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Captação de água de chuva pelo telhado	18
2.1.1	Aproveitamento de água de chuva no Semiárido brasileiro	21
2.2	Especificação do Sistema de Captação de Água de Chuva	26
2.2.1	Área de captação	27
2.2.2	Subsistema de condução	31
2.2.3	Armazenamento da água captada	35
2.2.4	Dispositivos filtrantes da água de chuva	38
2.3	Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas	40
2.4	Patologias dos SCACs instalados no Semiárido	43
2.5	Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído	46
2.6	Análise das funções do Sistema de Captação de Água de Chuva	51
3	MATERIAL E MÉTODOS	52
3.1	Local da Pesquisa	52
3.2	Metodologia de avaliação	54
3.2.1	Desenvolvimento do modelo de processo de APO do produto SCAC	55
3.2.1.1.	Instrumentos da coleta de dados	57
3.2.1.2.	Definição das amostras	57
3.2.1.3.	Procedimento para avaliação do comportamento do produto	58
3.2.2.	Análise dos dados	60
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1.	Caracterização do usuário	61
4.2.	Relação Usuário/Produto	63
4.2.1.	Retirada da água	64
4.3	Caracterização físico-estrutural dos SCACs	65
4.3.1.	Tipificação dos telhados pesquisados	66
4.3.2.	Layouts dos telhados	67
4.3.3.	Subsistema de condução	69
4.3.3.1.	Tipologia dos perfis transversais das calhas	71
4.3.4.	Suportes de sustentação das calhas e condutores	72
4.3.5.	Condutores verticais e horizontais	72

4.3.6.	Dispositivos de desvio de primeiros fluxos	73
4.3.7.	Cisternas	74
4.4.	Análise Funcional do SCAC	75
4.4.1.	Elaboração da lista de funções do SCAC	75
4.4.2.	Ordenamento hierárquico das funções do SCAC	76
4.5.	Patologias dos SCACs	80
4.5.1.	Patologias dos telhados	80
4.5.1.1.	Técnicas de reparação e manutenção do telhado	84
4.5.2.	Patologias dos elementos calhas e condutores	85
4.5.2.1.	Técnicas de reparação e manutenção das calhas	88
4.5.2.2.	Técnicas de reparação e manutenção dos condutores	89
4.5.3.	Patologias das cisternas	89
4.5.3.1.	Técnicas de reparação e manutenção de cisternas	91
4.6	Catálogo das Patologias	94
4.6.1	Identificação das patologias dos telhados	94
4.6.2	Identificação de patologias do subsistema de condução	97
4.6.3	Identificação das patologias das cisternas de alvenaria	101
5.	CONCLUSÕES	106
6.	SUGESTÕES	108
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
8.	APÊNDICE	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial	20
Figura 2	Delimitação do Semiárido brasileiro	22
Figura 3	Domicílios rurais ligados à rede de abastecimento de água, por Estado da Federação	23
Figura 4	Fluxograma do processo de captação de água de chuva pelo telhado	27
Figura 5	Experimento da Embrapa Semiárido para determinação de coeficientes de escoamento em diversos tipos de coberturas	29
Figura 6	Residências no SAB cobertas com telhas cerâmicas coloniais (A); e terreiro de uma olaria no Nordeste, com telhas a secar (B).	30
Figura 7	Captação por meio da cobertura de plástico de uma casa de vegetação (A); e captação por meio do telhado de fibrocimento em um aprisco (B)	31
Figura 8	Calhas em chapa de aço galvanizada, disponíveis no mercado	32
Figura 9	Dimensionamento de uma calha de beiral em aço galvanizado e seu esquema de montagem.	33
Figura 10	Teste de desempenho de uma calha em perfil L	34
Figura 11	Teste de desempenho de uma calha em perfil Z	34
Figura 12	Teste de desempenho de uma calha em perfil J	34
Figura 13	Dois modelos de cisternas cilíndricas de placas: com cobertura plana (A); e com cobertura cônica (B)	36
Figura 14	Três distintos layouts de dispositivos de desvio automático de primeiros fluxos construídos em alvenaria (A, B e C) e sua montagem em tubos de PVC rígido e respectivas conexões (D).	39
Figura 15	Modelos de filtros industrializados para água de chuva	40
Figura 16	Condutores suspensos, expostos a intempéries, fixados por meio de suportes improvisados	45
Figura 17	Processo de um modelo de APO	47
Figura 18	Demarcação da região de mais baixa pluviosidade média do Estado da Paraíba	54
Figura 19	Fluxograma da avaliação Pós-ocupação de um SCACs	56
Figura 20	Renda Familiar declarada dos entrevistados	62
Figura 21	Grau de escolaridade dos usuários dos SCACs pesquisados	63
Figura 22	Os três principais meios de retirada de água nos SCACs analisados	64
Figura 23	Tipos de telhados mais ocorrentes nos assentamentos rurais Serra do Monte, Belo Monte e Campos Novos, no Semiárido da Paraíba	67
Figura 24	Percentual de ocorrência dos Layouts dos telhados pesquisados	67
Figura 25	Formas de abastecimento das cisternas pesquisadas	68
Figura 26	Diferença de acabamento entre uma calha dobrada artesanalmente e outra dobrada por processo industrial	70
Figura 27	Tipologia e dimensionamento dos perfis transversais das calhas predominantes nos assentamentos pesquisados	71

Figura 28	Improvisação de suportes de calhas e condutores com materiais inadequados	72
Figura 29	Três modelos de cisternas de alvenaria encontradas na pesquisa	74
Figura 30	Árvore de funções típica	76
Figura 31	Árvore funcional de um sistema de captação de água de chuva	77
Figura 32	Tempo de residência dos usuários dos SCACs nos assentamentos	83
Figura 33	Modelo de Porta de visita empregado nas cisternas construídas pelo P1MC	93

1. INTRODUÇÃO

Considerada o recurso natural mais simples, a água é essencial à ocorrência da vida, podendo ser encontrada, em maior ou menor quantidade, praticamente em todos os espaços do Planeta. No entanto, por vários fatores, sua disponibilidade, sobretudo para a atividade humana, não ocorre de forma equilibrada ou democrática.

A Fundação Nacional de Saúde – Funasa, órgão do Governo Federal responsável pela implementação das ações de saneamento em áreas rurais dos municípios brasileiros registra, com base no Censo 2010, que apenas 32,8% dos domicílios neste espaço estão ligados a redes de abastecimento de água. O restante da população capta água de chafarizes, poços, diretamente de cursos de água ou de outras fontes alternativas (FUNASA 2012).

No estado da Paraíba apenas 19 % das residências rurais estão ligadas à rede de abastecimento. Este percentual é o mais baixo dos estados que compõem o Semiárido e no panorama nacional o Estado aparece na 8ª pior situação.

Várias ações têm sido levadas a cabo por instituições como o Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e por instituições não governamentais, entre outros, a fim de disponibilizar alternativas de suprimento de água no Semiárido, especialmente para o consumo humano, no espaço rural, onde a população é difusa, diferente dos aglomerados das cidades.

Nesse contexto, surge a perspectiva do uso de sistemas de captação da água de chuva em telhados e armazenamento em pequenos reservatórios, denominados cisternas, como alternativa viável do ponto de vista econômico, arquitetônico e funcional sendo ainda uma tecnologia já reconhecida e entendida pelos usuários.

É com esse propósito que se desenvolve o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Concebido em 2001, pela ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro que tem como meta “garantir, às famílias rurais da porção semiárida do Nordeste brasileiro o acesso à água adequada ao consumo humano, via

formação, mobilização social e construção de cisternas de placas” (BRITO *et al* 2007, p.206).

Apontam-se, porém, como principal fragilidade dessa tecnologia, dificuldades relacionadas ao seu desempenho funcional. Com muita frequência esses sistemas apresentam patologias das mais diversas ordens, a exemplo de fissuras nos reservatórios, ausência de componentes básicos do sistema, utilização de materiais inadequados e imperfeições no telhado, entre outras, colocando em risco a oferta de água para o consumo humano (OLIVEIRA, 2008; MEIRA FILHO *et al.* 2012).

Não obstante se ter verificado, nos últimos anos, uma preocupação crescente com a qualidade da construção civil de modo geral e o incremento dos métodos construtivos, verifica-se que os sistemas de captação de água de chuva (SCACs) construídos ao longo desses anos não apresentam a qualidade esperada e que essa tecnologia não tem evoluído de forma satisfatória, à mingua de pesquisas de cunho técnico-científico.

Defeitos ou problemas patológicos das construções, de acordo com Lichtenstein (1985), se refletem na queda de desempenho de uma obra civil, como um todo ou de suas partes. Para Dórea (2012) as manifestações patológicas são evolutivas e tendem a se agravar com o passar do tempo, podendo até gerar novos problemas em decorrência dos primeiros.

Nessa perspectiva, a avaliação de patologias estruturais surge como uma importante ferramenta na concepção, manutenção e conservação dos sistemas de abastecimento hídrico, correlacionada com a oferta hídrica; no entanto, o uso desses métodos ainda está praticamente restrito ao espaço urbano.

O estudo das patologias em SCACs, que tem maior representatividade no espaço rural, requer uma abordagem atenta à complexidade desses sistemas, que, diferente do que ocorre no abastecimento urbano em que a participação do usuário se restringe à distribuição da água na residência, nos SCACs o usuário é responsável por todas as funções do sistema como a captação, condução, armazenamento, tratamento e distribuição da água.

Avaliar as patologias nos sistemas de captação, condução e armazenamento de água de chuva é, portanto, analisar a inter-relação entre os diversos subsistemas (área de captação, subsistema de condução,

armazenamento e retirada da água). Como é próprio dos sistemas, a diversidade de materiais, os componentes e equipamentos constituintes podem dar origem a uma grande diversidade de manifestações patológicas de ordem estrutural e funcional.

Assim, a avaliação dos sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, com ênfase na tipificação e caracterização da natureza das manifestações patológicas e inconformidades, pode constituir-se em valioso contributo para o aperfeiçoamento funcional dos sistemas atualmente implantados, e orientar recomendações em projetos futuros, contribuindo para minimizar a problemática do abastecimento de água quanto aos fins alimentares, no espaço rural do Semiárido brasileiro.

A significação da análise das patologias dos sistemas de captação de água de chuva como elemento central da relação sociedade e natureza no espaço rural escolhido, parte da necessidade de se aprimorar a principal e muitas vezes única forma de abastecimento domiciliar de água com vista ao consumo humano desse recorte geográfico.

Neste sentido, foram combinados processos metodológicos de Avaliação Pós-ocupação (APO) e de análise funcional na avaliação das patologias de SCACs tomando-se como proposição uma abordagem capaz de contemplar a complexidade e a variedade das interações entre os elementos do sistema, as condições ambientais locais e as relações usuário-ambiente construído.

1.1. OBJETIVOS

1.1.2. Objetivo geral

Desenvolver e validar uma proposta metodológica para investigar as manifestações patológicas estruturais e funcionais de sistemas de captação de água de chuva por meio de telhados, implantados em edificações rurais do Semiárido brasileiro.

1.1.3. Objetivos específicos

- Construir as ferramentas de pesquisa necessárias à avaliação técnica pós-uso dos sistemas de captação de água de chuva em residências do Semiárido, no tocante aos aspectos construtivos, funcionais e estético-formais;
- Caracterizar arquitetonicamente as residências rurais do recorte geográfico do estudo, bem como as estruturas físicas destinadas à captação e armazenamento de água de chuva nelas instaladas, considerando os aspectos formais, funcionais, estruturais e técnico-construtivos;
- Investigar e descrever as ocorrências patológicas nos sistemas de captação de água de chuva em três assentamentos rurais do Semiárido paraibano;
- Elaborar um catálogo com as principais ocorrências patológicas identificadas em sistemas de captação de água de chuva implantados no Semiárido;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Captação de água de chuva pelo telhado

O funcionamento de um Sistema de Captação de Água de Chuva (SCAC) consiste, basicamente, na interceptação da chuva que cai sobre os telhados da edificação, sendo conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo automático de desvio das primeiras águas de chuva, que carregam a sujeira do telhado.

A prática de captar e armazenar a água da chuva para posterior uso traz, além de contribuir na oferta hídrica para o abastecimento humano, vários benefícios para o meio ambiente. Tanto porque contribui para a redução do consumo de água de abastecimento, diminuindo, portanto a pressão de demanda sobre recursos hídricos locais e regionais, quanto porque propicia a redução do escoamento superficial em áreas urbanas, decorrentes da impermeabilização do solo pavimentado, minimizando os transtornos com enchentes e alagamentos, como afirmam NASCIMENTO & HELLER (2005).

Bertolo (2006) diz que o aproveitamento da água de chuva não é apenas uma medida de conservação de água; é, também, de economia de recursos, uma vez que reduz a energia requerida para operar um sistema centralizado de distribuição de água. Desse modo, o escoamento superficial que, via de regra, concentra poluentes, se transforma em água disponível para satisfazer alguns consumos.

Segundo Lima *et al.* (2011), o aproveitamento de água pluvial para consumo potável em residências em países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Japão promove uma economia de água superior a 30%, dependendo de diversos fatores, como demanda, área de captação e precipitação.

No Brasil, embora o Semiárido nordestino seja a região em que mais se empregue a tecnologia de captação de água de chuva usando telhados residenciais, percebe-se que em outras regiões, muitas delas com oferta hídrica muito elevada, já buscam o uso da técnica para diferentes finalidades.

No ambiente urbano, onde esta prática foi abandonada em razão da expansão dos sistemas de abastecimento público, assiste-se, de acordo com Oliveira (2008), a um retorno da valorização desta técnica no âmbito da “renaturalização do ciclo urbano da água, da conservação dos recursos hídricos e da procura de soluções mais sustentáveis”.

Em seus estudos, Lima *et al.* (2011) concluíram, com esta tecnologia, em 40 cidades da região Amazônica, Noroeste do Brasil - circunscritas em uma região de alta precipitação, com média anual em torno de 2.000 mm - concluíram a média do potencial de economia de água potável estimado é de 76%, variando entre 21 e 100% dependendo, essencialmente, do consumo e da área total do telhado.

Resultados igualmente promissores foram encontrados em pesquisa realizada por Ghisi *et al.* (2006), em 62 cidades do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil, que constataram que a utilização de água de chuva propiciou um potencial médio de economia de água potável de 69%, variando de 34% a 92%, dependendo da demanda.

A interceptação da chuva para posterior uso, além de contribuir na disponibilidade hídrica tem igual importância nos sistemas urbanos de drenagem de águas pluviais. De acordo com Lima *et al.* (2011), a falha nesses sistemas tem efeitos imediatos e visíveis, preocupando a administração pública de tal modo que, na concepção de um sistema de drenagem urbana sustentável, é imprescindível incluir medidas que contemplem a implantação de reservatórios de acumulação e meios para o aproveitamento da água captada.

De acordo com Hagemann (2009), em grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, têm sido editadas leis específicas sobre a coleta da água da chuva, considerando-se o fato de que a retenção dessas águas contribui para o controle de inundações, as quais ocorrem por ocasião de precipitações intensas, em função dos altos índices de impermeabilização do solo nessas áreas.

Alguns novos empreendimentos, a exemplo de condomínios, plantas industriais e *shopping centers*, entre outros, passaram a ser obrigados a coletar a água pluvial, não apenas para reduzir o pico de cheias mas também visando à sua utilização para fins não potáveis, de acordo com XAVIER (2010).

No Brasil, se destacam as novas ou reformadas arenas de futebol, cujos projetos contemplam o aproveitamento da água da chuva que escorre de suas imensas coberturas. O Estádio Nacional de Brasília, por exemplo, conta com um sistema de captação da água da chuva a partir da sua cúpula. Cerca de 1.400 m³ de água de chuva serão armazenados em reservatórios subterrâneos, para uso em limpeza geral e descarga dos banheiros, gerando uma economia de 40% na conta de água do estádio.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, editado pela Agência Nacional de Águas (ANA), traz orientações para a implantação de programas de conservação de água em edificações.

O referido manual alerta que “os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem cuidados gerais e características construtivas que permitam a segurança do abastecimento, a manutenção da qualidade da água armazenada e níveis operacionais adequados e econômicos”. O manual aborda aspectos gerenciais e técnicos dessas ações, descrevendo, por meio de um fluxograma, um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial, observado na Figura 1.



Figura 1- Fluxograma de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
Fonte: Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações - (ANA), 2005.

Essas recomendações são úteis em projetos de implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva, especialmente para o consumo humano. No entanto, não é este o objetivo do manual; ao contrário, em pelo menos dois

pontos da lista de recomendações, faz menção à necessidade de “assegurar que a água coletada seja utilizada somente para fins não-potáveis” e que “deverão ser colocadas placas indicativas junto das torneiras de acesso geral, com a inscrição ‘Água não-potável’” ANA (2005).

Andrade Neto (2012) destaca que “o uso de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva para consumo doméstico é uma prática milenar em várias regiões do mundo e atualmente tem merecido maior interesse e ampla aplicação”; diz, ainda, que “apesar de milenar, continua moderna, quando incorpora novos conceitos, materiais, técnicas construtivas, segurança sanitária e melhor aproveitamento”.

2.1.1 Aproveitamento de água de chuva no Semiárido

O espaço geográfico, ao qual se convencionou chamar Semiárido brasileiro teve sua última atualização em 2005. Na delimitação do novo espaço físico do SAB foram considerados como pressupostos a contiguidade do espaço geográfico, a objetividade e permanência dos critérios técnicos adotados, além da compatibilidade com a malha municipal. Segundo esses critérios, ficou estabelecido que, para fazer parte da região semiárida, os municípios deveriam atender pelo menos a um dos critérios: precipitação média anual inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca maior que 60% (INSA, 2012).

De acordo com os dados do Censo Demográfico de 2010, o SAB se estende por oito estados da região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) mais o Norte de Minas Gerais, totalizando uma extensão territorial de 980.133,079 km². Este espaço geográfico é integrado por 1.135 municípios, nos quais reside uma população urbana de 14.003.118 habitantes e uma população rural de 8.595.200 habitantes, parcela mais vulnerável aos efeitos das secas da região. Na Figura 2 observa-se a delimitação do Semiárido brasileiro.

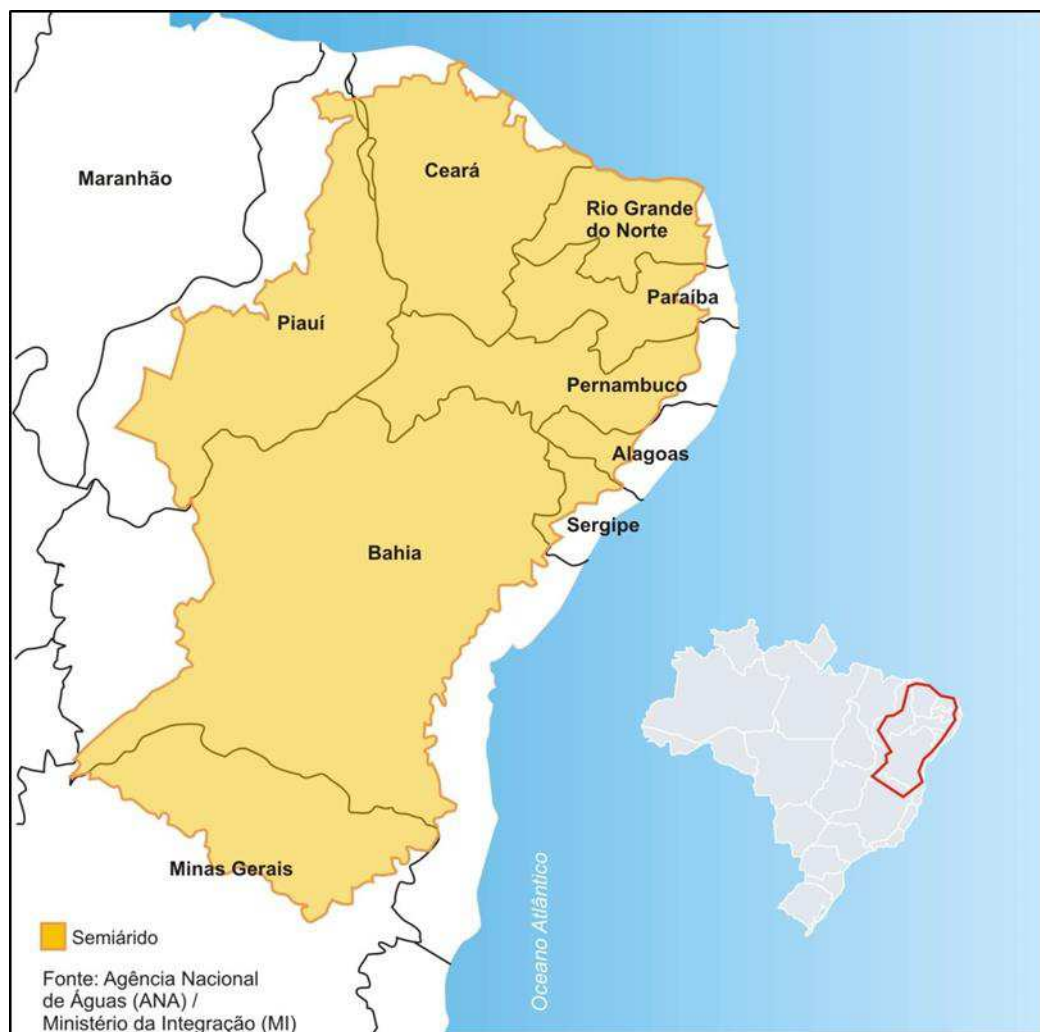


Figura 2- Delimitação do Semiárido brasileiro

As características edafoclimáticas e hidrológicas do SAB são semelhantes às de outros semiáridos quentes e secos do mundo. De forma constante, são longos os períodos de seca, intercalados com cheias nos rios temporários e elevadas taxas evapotranspirométricas, em média 2.000 mm/ano, proporcionando déficit de umidade no solo durante a maioria dos meses do ano, MDS (2007).

Os serviços de saneamento prestados à parcela da população rural do Brasil apresentam elevado déficit de cobertura. Conforme dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD/2012, apenas 33,2% dos domicílios nas áreas rurais estão ligados a redes de abastecimento de água com ou sem canalização interna. O restante da população (66,8%) capta água de chafarizes e

poços, diretamente de cursos de água ou de outras fontes alternativas, em geral sem nenhum tratamento (FUNASA, 2013).

Com relação à cobertura de abastecimento de água dos domicílios rurais por unidade da federação, dados desta pesquisa revelam que existe uma diferença considerável no percentual de cobertura nos estados. No Estado de Rondônia, por exemplo, apenas 6% dos domicílios estão ligados à rede de distribuição de água, enquanto no Estado de Sergipe, este percentual é de 61%. Entre os Estados que compõem o SAB, a Paraíba desponta em pior situação, com apenas 19% dos domicílios atendidos por rede de distribuição de água, conforme indicado na Figura 3.

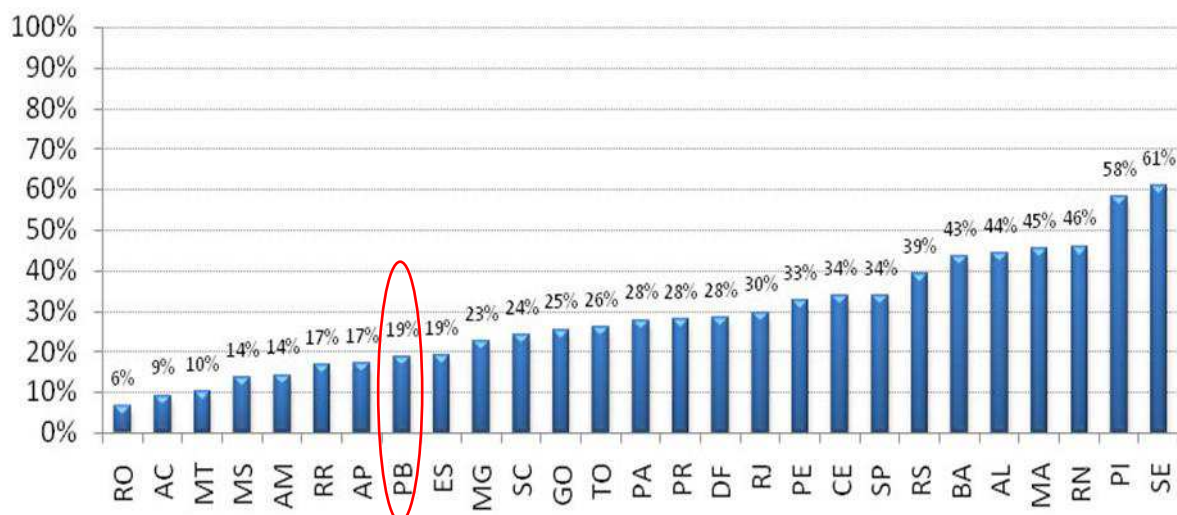


Figura 3 - Domicílios rurais ligados à rede de abastecimento de água, por Estado da Federação

Fonte: IBGE/PNAD-2012

No meio rural, a captação e o aproveitamento de água de chuva se constitui em uma técnica quase tão antiga quanto a humanidade, praticada sobremaneira em regiões cujos recursos hídricos acessíveis são limitados e a irregularidade da precipitação é acentuada, ocorrendo apenas durante poucos meses do ano, como é o caso do Semiárido brasileiro (SAB).

Silva (2006) afirma que a intervenção governamental foi decisiva para a ocupação e formação econômica do SAB. Com a consolidação da sua ocupação,

as decisões políticas se voltaram para a formulação e implementação de programas e projetos governamentais, com a finalidade explícita de enfrentamento da seca.

A tecnologia de captação de água de chuva por meio de cisternas não foi, conforme assegura Carvalho (2010), considerada neste enfrentamento, como solução utilizada para atender às populações de pequenas cidades e do meio rural, especialmente as mais interioranas e difusas do país; ao contrário, as políticas hídricas estatais se centraram em grandes açudes e barragens.

Além disso, Silva (2006) alerta, na maioria das vezes as obras hidráulicas para armazenamento e abastecimento e para grandes projetos de irrigação são planejadas e executadas desconsiderando-se os impactos ambientais e os interesses sociais da população sertaneja, isto é:

Expressa um método mecanicista de análise, que fragmenta e simplifica a realidade, desconhecendo a integridade, a inteireza e as interconectividades dos ecossistemas e dos sistemas sociais e culturais. Além disso, a generalização de soluções muitas vezes concorre para a perpetuação de problemas de ordem ecológica, social e econômica. O pensamento crítico sobre política de combate à seca é, também, uma crítica à crença nas soluções tecnológicas descontextualizadas (SILVA, 2006, p. 182).

Oliveira (2008) enfatiza que, se por parte do Estado não houve interesse em investir em pequenas obras para gerar segurança hídrica no Semiárido, por sua vez a população também não via, na cisterna, um instrumento seguro de suprimento de água nos períodos secos. A autora comenta que “algumas iniciativas governamentais aconteceram para a construção de cisternas mas estas esbarravam no despreparo da população que utilizava a água para atender a todo tipo de consumo”.

Segundo Silva (2007), a partir da década de 80 ampliou-se, no processo de redemocratização da sociedade brasileira, a participação da sociedade civil na busca de alternativas para o desenvolvimento do SAB. Por esta via, organizações da sociedade civil e algumas instituições públicas de pesquisa e extensão, passaram a formular propostas e a realizar projetos com base na ideia de que é possível e necessário conviver com as adversidades dessa região.

Algumas iniciativas, como adoção de tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva, o manejo sustentado da caatinga, práticas

de agroecologia e a educação contextualizada, entre outras, geraram novos referenciais para esta convivência. Tal mudança é marcada, como constata Carvalho, pela transição de paradigmas – o técnico-científico para o ambiental:

Em outro/novo propósito de políticas públicas trilha a “Convivência”, apresentando e provocando ações e intervenções de impacto social, contextualizadas com as características geoambientais e socioculturais dos povos, validando a relação do sertanejo com a natureza semiárida (CARVALHO, 2008, p.311).

Brito *et al.* (2007) descrevem várias das principais tecnologias de acesso e manejo de água da chuva no SAB, a exemplo de: cisternas domiciliares e outros tipos, para fins de consumo humano, animal e produção de alimentos; poços (ou cacimbas); barragens subterrâneas para fins agrícolas; barreiros-trincheira, açudes, caldeirões e mandalas, entre outras, por meio de ilustrações e gráficos relacionados a análises, esquemas de construção e custos.

*É nessa perspectiva que surge o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC). Concebido em 2001, pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) - rede de organizações da sociedade civil e organizações comunitárias de base com atuação no SAB, – tem como meta “garantir, a todas as famílias rurais da porção semiárida do Nordeste brasileiro o acesso à água adequada ao consumo humano, via formação, mobilização social e construção de cisternas de placas” (BRITO *et al.* 2007, p.206).*

A partir de 2003, o Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), através do Programa Fome Zero, passa a financiar as ações do P1MC relacionadas à construção de cisternas de placas de concreto, tendo como fontes de recursos o Governo Federal, a Organização das Nações Unidas (ONU), a Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e várias organizações estrangeiras, como informa XAVIER (2010).

O Programa Fome Zero, do Governo Federal tem, como meta, conforme explica Soares (2008) combater a fome propiciando alimentação adequada à população carente. Com este objetivo, se desdobra em quatro eixos principais: Acesso aos alimentos, Fortalecimento da Agricultura Familiar, Geração de Renda e Articulação, Mobilização e Controle Social. O primeiro eixo - Acesso aos Alimentos- é composto por programas e ações de transferência de renda,

nutrição, alimentação e acesso à educação e à informação, a exemplo do Bolsa Família; Alimentação Escolar (PNAE); construção de Cisternas, que visa atender à população rural do Semiárido.

Além de seu papel importante como suprimento de água para consumo humano, a captação da água da chuva tem motivado diversas pesquisas em várias partes do mundo para os mais variados usos, vinculados sempre ao conceito de sustentabilidade.

A presença das cisternas no SAB vai criando, conforme observou Carvalho (2010), novos comportamentos, novas “cotidianeidades” e “territorialidades”, ou seja:

A água da chuva, agora disposta ao lado de suas casas, é uma água valorizada. Uma nova relação entre o sertanejo e as águas das chuvas, que imprime formas de captar, usar e cuidar dessas águas. É uma “água abençoada, guardada para beber”, uma expressão que essas gentes passam a referenciar (CARVALHO, 2010, p. 228)

2.2. Especificação do Sistema de Captação de Água de Chuva

Em 2011, visando esclarecer dúvidas e orientar parceiros do Programa Cisternas quanto à formalização, operacionalização e execução das ações da construção de cisternas de placas, o MDS publica o *Manual para execução do Programa Cisternas*, no qual especifica o aparato, da seguinte forma:

A cisterna de placas é um tipo de reservatório de água cilíndrico, coberto e semienterrado, que permite a captação e o armazenamento de águas das chuvas a partir do seu escoamento nos telhados das casas, por meio da utilização de calhas de aço galvanizado ou PVC. O reservatório, fechado, é protegido da evaporação e das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelas enxurradas. A cisterna fica enterrada no chão até mais ou metade da sua altura. Deve ser construída em alvenaria em placas de concreto com tamanho de 50 por 60 cm e com 3 cm de espessura, que estão curvadas de acordo com o raio projetado da parede da cisterna, variando conforme a capacidade prevista (MDS, 2011).

O processo de captação da água da chuva por meio de telhados tem, como elemento indispensável, o reservatório. Para alguns autores é tratado com importância tal que, às vezes, é utilizado para denominar todo o sistema. Vários trabalhos que abordam o tema “cisterna”, que usam a palavra “cisterna” no título, tratam na realidade de sistemas mais amplos, havendo outros componentes indispensáveis, embora muitas vezes negligenciados.

Meira Filho (2004) descreve o Sistema de Captação de Água de Chuva (SCAC) como um conjunto de partes e componentes que atuam de forma integrada e em que todas as partes constituintes do sistema são integradas em uma unidade, composta de: *a)* área de captação (telhado); *b)* subsistema de condução (calhas e condutores verticais e horizontais); *c)* dispositivo para desvio das primeiras chuvas; *d)* reservatório (cisterna); *e)* tratamento; *f)* meio elevatório (balde com corda, sarilho com manivela, bombas hidráulicas) e *g)* reservação final (pote, filtro ou caixa d'água). A Figura 4 ilustra o fluxograma do processo, tal como é praticado no SAB.



Figura 4 – Fluxograma do processo de captação de água de chuva pelo telhado

2.2.1. Área de captação

Os SCACs usam exclusivamente os telhados das edificações, sejam domiciliares ou não, como área de captação da chuva. O telhado é o ponto inicial do processo requerendo cuidados especiais, como manutenção estrutural e limpeza periódicas.

Em sua função principal, o telhado se destina a proteger as edificações contra ações das intempéries, tais como chuvas, ventos, raios solares etc, além de impedir a penetração de poeira e ruídos no ambiente interno. Os telhados podem

ser definidos como uma composição de duas partes básicas – cobertura e armação - e contribuem, segundo Melo (2011), para o aspecto estético e conforto térmico do ambiente, além de atribuir estilo e expressão plástica a uma edificação.

No espaço rural do SAB, de um modo geral, as coberturas das edificações também acumulam a função de captar água de chuva para o consumo humano, podendo ser utilizados os mais diferentes materiais: chapas e telhas metálicas, telhas de fibrocimento, telhas cerâmicas, lonas plásticas etc.

Sacadura (2011) afirma que as dimensões e a textura da cobertura influenciam na quantidade de água a captar sendo, portanto, aconselhável a adoção de materiais com elevado coeficiente de escoamento (C), em detrimento dos que absorvem mais água, a fim de minimizar as perdas.

Em trabalho conduzido na Estação Experimental da Caatinga, da Embrapa Semiárido, Cavalcanti (2010) analisou quatro diferentes tipos de materiais para áreas de captação: cobertura de argamassa de cimento e areia; cobertura com telhas cerâmicas; cobertura com telhas de fibrocimento e cobertura com lona plástica de polietileno, com o objetivo de determinar o coeficiente de escoamento de cada uma dessas superfícies (Figura 5). O autor concluiu que “as coberturas com telhas de fibrocimento e lona plástica de polietileno são mais eficientes na captação da água de chuva para as condições do SAB”; contudo, ele pondera que “um aumento na intensidade da chuva reduz as diferenças entre o coeficiente de escoamento superficial dos diferentes tipos de área de captação”.



Figura 5 – Experimento da Embrapa Semiárido para determinação de coeficientes de escoamento em diversos materiais de cobertura

Evidentemente, dos materiais experimentados por Cavalcanti nem todos são adequados a coberturas residenciais, mesmo tendo revelado bom desempenho no tocante ao escoamento superficial; primeiro, por não proporcionarem bom conforto térmico no interior da residência; depois, por não representarem boa relação custo-benefício. Pode-se dizer, então, que as telhas cerâmicas tipo colonial, largamente utilizadas nas coberturas do SAB, apresentam todas as características requeridas, além de serem fabricadas na própria região, em pequenas olarias.

O tamanho e a qualidade dos telhados das casas do meio rural no SAB são apropriados para a captação de água de chuva, de acordo com dados de estudo sobre áreas de telhados residenciais, em 22 comunidades rurais dos sertões do Pajeú-PE e Médio Oeste do Rio Grande do Norte, apresentados por JALFIM (2001). Com base nesses dados, que podem ser considerados representativos para esta questão no Semiárido, a área média dos telhados é de 84m² e mais da metade das residências têm 75 m² de telhado; no outro extremo um número reduzido de residências (4%) tem telhados muito pequenos, abaixo de 40 m².

Tinoco (2007) faz um apanhado histórico dos telhados tradicionais no Brasil, estudando as patologias presentes, tal como suas causas e efeitos e indica procedimentos de montagem e manutenção de telhados, especialmente com telhas cerâmicas tipo colonial ou capa e canal, como denomina a norma. Esta telha é destacada como a mais usada no SAB, como produto de excelentes qualidades, citando casos do seu emprego em edificações seculares mantendo até hoje suas características. A figura 6 mostra exemplares da telha colonial, fabricadas e usadas no SAB.



Figura 6 - Residências no SAB cobertas com telhas cerâmicas coloniais (A); e terreiro de uma olaria no Nordeste, com telhas a secar (B).

Meira Filho (2004) chama a atenção para a importância da área de captação e do subsistema de condução para o sucesso funcional do sistema e propõe desenhos de telhados mais eficientes no tocante à captação de água de chuva, pautados na racionalização estrutural do sistema, buscando reduzir ao máximo o número de componentes “encurtando” sobretudo o caminho da água que escoa nas calhas e dutos; considerando que quanto mais longos sejam os dutos maior a probabilidade de apresentar problemas e menores as chances de captar efetivamente a água.

Além dos telhados residenciais, pode-se instalar ainda sistemas de captação nas coberturas de outras edificações rurais, como casas de vegetação, abrigo para animais (estábulo, apriscos, pocilgas, galinheiros etc.), segundo a Figura 7.

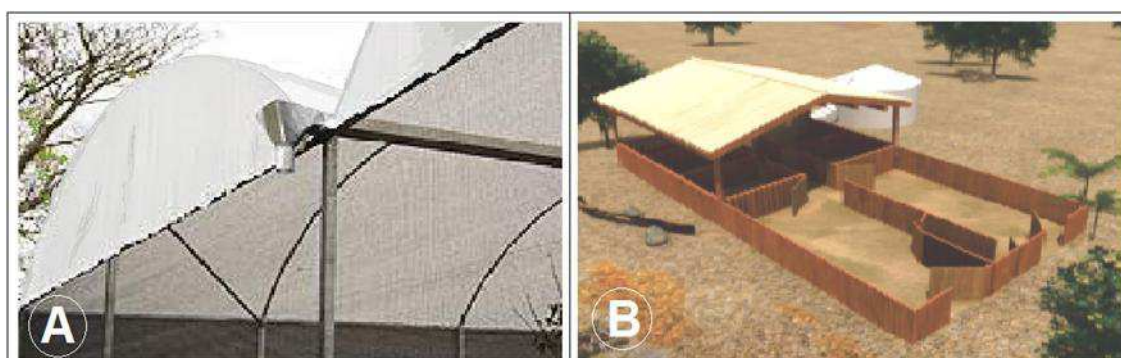


Figura 7 – Captação por meio da cobertura de plástico de uma casa de vegetação (A); e captação por meio do telhado de fibrocimento em um aprisco (B).

2.2.2. Subsistema de Condução

Caracteriza-se como subsistema de condução o conjunto composto por calhas e condutores verticais e horizontais cuja função é levar a água da superfície de captação até o reservatório (cisterna). Este conjunto tem uma grande importância no desempenho do sistema por ser o elo entre a área de captação e a cisterna. Dessa forma, caso apresente algum problema, o que não é raro, ocorrerá fatalmente desperdícios de água.

Objetivando fixar exigências e critérios necessários aos projetos de instalações de aproveitamento de águas pluviais, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (1989) estabeleceu a norma técnica NBR 10844, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia desses projetos. Na referida norma são elencados alguns materiais, como chapas de aço galvanizado e PVC rígido, entre outros, para calhas; já para os dutos, recomenda o uso de tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado e cobre.

Praticamente, todos os sistemas instalados no SAB utilizam calhas confeccionadas em chapa de aço galvanizada, fabricadas na própria obra, por meio de técnicas artesanais. Para os condutores se utilizam tubos de PVC rígido, linha esgoto, e suas respectivas conexões.

É importante ressaltar que no Brasil inexistente regulamentação específica para captação de água de chuva para fins alimentares. Todas as normas editadas, da esfera federal à municipal, considera o uso da água de chuva apenas para atividades de limpeza e irrigação, proibindo seu uso para fins potáveis; no entanto, no espaço rural do SAB, como já referido, a captação de água de chuva para fins de consumo humano vem sendo praticada há bastante tempo, inclusive com chancela do governo federal.

Existem variados tipos e modelos de calhas e condutores industrializados utilizando-se os mais diferentes materiais, como chapas metálicas, PVC rígido, polietileno, fibra de vidro etc. Porém, de modo geral, esses produtos têm preço elevado sendo, portanto, economicamente incompatíveis com os projetos desenvolvidos no SAB.

Neste campo, a literatura especializada é rara. Não se encontrou estudo algum ou pesquisa que avalie esses elementos, principalmente as calhas, acerca da viabilidade de um ou outro material ou, ainda, a relação custo benefício desses componentes. Mesmo assim, com base em observações dos sistemas instalados no SAB, pelo menos no tocante ao material utilizado, a chapa de aço galvanizado parece atender a essa referida relação, de forma satisfatória, considerando as peculiaridades da região. Os problemas verificados com esses elementos são de outra ordem, ou seja, se relacionam com o modelo de perfil adotado e, principalmente, com a forma de fixação das calhas ao telhado.

Existem prontos no mercado, ou fabricados segundo a encomenda, vários modelos de calha em chapa de aço galvanizado, em módulos de 2m de comprimento, que podem ser encaixados entre si; na Figura 8 se observam três modelos de calha pré-fabricadas, sendo dois de beiral e um modelo de calha para encontro com parede ou calha de platibanda.

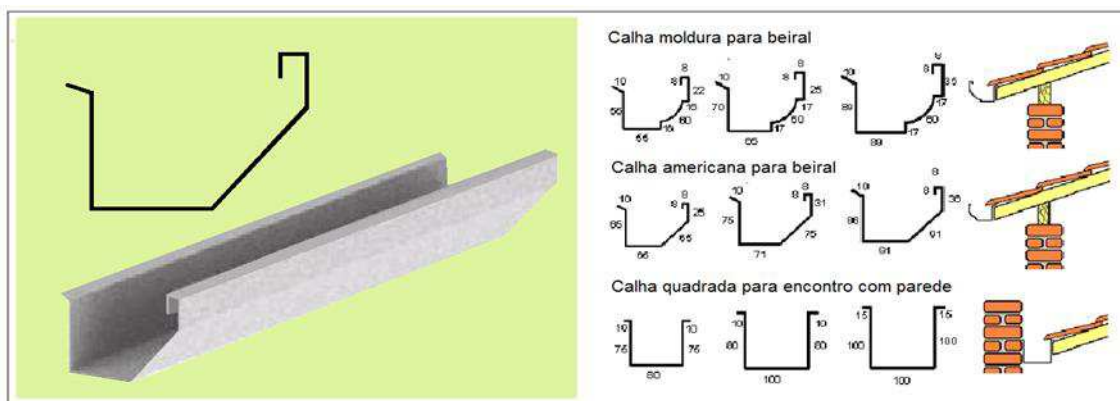


Figura 8 – Calhas em chapa de aço galvanizada, disponíveis no mercado

Fonte: <http://www.calhaforte.com.br>

Meira Filho (2004) sugere o uso da calha de beiral, confeccionada em chapa galvanizada, desenhada de forma a aproveitar toda a largura da chapa, de 300 mm. Conformado por meio de cinco dobras no sentido longitudinal da peça, este tipo de calha se apresenta como um modelo que se adapta bem ao sistema proposto pelo autor, pois, além de proporcionar um bom acabamento ao beiral, conferindo valor estético ao arranjo, tem potencial para desempenhar bom funcionamento uma vez que apresenta excelente rigidez, importante na estanqueidade do conjunto.

A principal vantagem no uso deste modelo de calha é o fato de permitir a fixação diretamente no madeiramento do telhado, dispensando-se os suportes, o que representa ganhos, pela diminuição de componentes do sistema. A Figura 9 ilustra o dimensionamento de uma calha de beiral e o esquema de montagem deste elemento no beiral do telhado, podendo-se observar ainda, o detalhe em que a calha se posiciona de forma centralizada em relação à extremidade da telha.

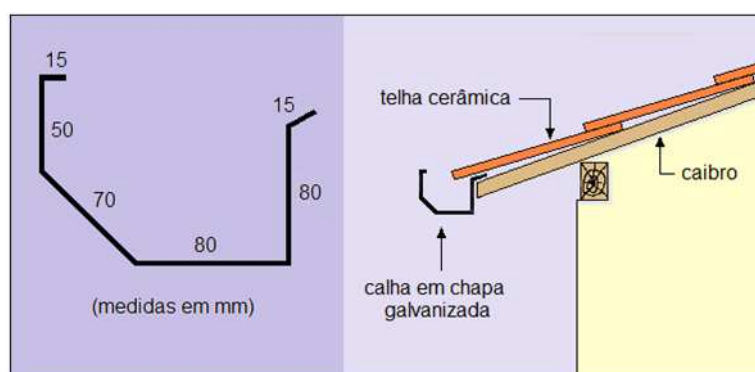


Figura 9 – Dimensionamento de uma calha de beiral em aço galvanizado e seu esquema de montagem

De acordo com alguns estudos e observações, uma importante parcela dos problemas causadores da baixa eficiência dos sistemas de captação instalados no SAB está associada ao subsistema de calhas e dutos. Mwami (1999) afirma que a calha é o elo fraco no desempenho do sistema e que os problemas variam da falta de manutenção à concepção deste elemento.

Pesquisa realizada por Cavalcanti *et al.* (2002) no sertão pernambucano, constata que, embora nas localidades pesquisadas as chuvas tenham sido significativas, parte da água não foi captada haja vista que aproximadamente 41,66% das residências com cisternas não dispunham de calhas para condução da água da área de captação até o reservatório.

Meira Filho (2004) realizou testes com três configurações de calhas confeccionadas em chapa de aço galvanizado conformadas, respectivamente, em perfis *L*, *Z* e *J*, no sentido longitudinal da peça. O protótipo experimentado foi coberto com telhas de fibrocimento considerando-se que o objetivo era

obter uma eficiente área de captação para isolar os problemas com este elemento e centrar a atenção na performance da calha. Os três modelos foram testados em condições semelhantes, em que as calhas foram fixadas diretamente no beiral, sobre a estrutura do telhado, conforme observado nas Figuras 10, 11 e 12.



Figura 10 – Teste de desempenho de uma calha em perfil L



Figura 11 – Teste de desempenho de uma calha em perfil Z



Figura 12 – Teste de desempenho de uma calha em perfil J.

Os resultados da avaliação sinalizaram que: a calha em perfil *L*, embora de fácil confecção, não possui rigidez suficiente para evitar deformações e nos testes de simulação de fortes precipitações, apresentou transbordamento da água. A calha em perfil *Z* apresentou rigidez superior à do modelo em perfil *L*, porém o problema do transbordamento persistiu. A calha em perfil *J* apresentou rigidez satisfatória e ainda mostrou excelente desempenho funcional, revelando-se o modelo mais eficiente. Finalmente, foi observado que a calha mais eficiente foi o modelo desenvolvido com o maior número de dobras longitudinais, o que reforça a importância das dobras na autoestruturação da calha.

Gnadlinger (1997) recomenda a fixação das calhas imediatamente embaixo das telhas para não desperdiçar a água proveniente das chuvas fortes.

Com relação aos condutores verticais predomina, no Semiárido, o uso de tubos e conexões de PVC rígido, da linha esgoto, diâmetro de 75 mm, de acordo, portanto, com a NBR 1084 - ABNT (1989), segundo a qual o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular deve ser 70 mm.

Por ser um elo entre a área de captação e a cisterna, a instalação das calhas e dutos requer cuidado especial visto que, dependendo do arranjo físico deste conjunto, a funcionalidade e a sustentabilidade do sistema de captação podem ter seu desempenho comprometido.

2.2.3. Armazenamento da água captada

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva o líquido é armazenado em reservatórios denominados cisternas, os quais podem ser de variados tipos e materiais, e ser totalmente enterrados, parcialmente enterrados ou, ainda, totalmente expostos.

Para Oliveira (2008), a cisterna é o componente mais caro de todo o sistema de aproveitamento de água pluvial e recomenda que seja opaco para inibir o crescimento de algas e coberto, para evitar a entrada de sujidades. O mesmo autor destaca que, em Portugal, as cisternas mais comuns são, atualmente, construídas em polietileno de alta densidade ou em concreto armado, os quais podem ser enterrados, semienterrados ou superficiais.

Xavier (2010) elenca vários tipos de cisterna difundidas no Brasil e no mundo, como cisternas de alvenaria de tijolos, de tela e arame, de ferrocimento, cisternas feitas à base de cal, PVC, fibra de vidro e polietileno, entre outros; porém, destaca que a cisterna de placas pré-moldadas é o tipo de reservatório domiciliar de captação de água de chuva mais difundido no Semiárido, especialmente por ser o modelo adotado pelo Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), programa através do qual as cisternas são construídas por pedreiros das próprias localidades, treinados pelo programa, e pelas famílias beneficiadas.

Segundo a definição do Ministério do Desenvolvimento Social (2009), a cisterna de placa é um tipo de reservatório cilíndrico, coberto e semienterrado, que permite a captação e o armazenamento de águas das chuvas, a partir de seu escoamento nos telhados das casas, por meio da utilização de calhas de aço galvanizado ou PVC. O reservatório fechado é protegido da evaporação e das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelas enxurradas.

Gnadlinger (2000) descreve vários tipos de cisterna que estão sendo construídos nas comunidades rurais do SAB e destaca que a mais popular e disseminada é a de placas de cimento pré-moldado, com formato cilíndrico e cobertura na forma plana ou de cone, conforme observado na Figura 13.



Figura 13 – Dois modelos de cisternas cilíndricas de placas: com cobertura plana (A); e com cobertura cônica (B).

Para orientar parceiros do Programa Cisternas quanto à formalização, operacionalização e execução das ações do Programa, o *Manual de execução do Programa Cisternas – Primeira Água* (MDS, 2011) apresenta dispositivos que regulamentam e normatizam a execução das ações do referido Programa, especificando especialmente a cisterna de placas, apresentando procedimentos construtivos, lista de materiais e orçamento para a construção de uma unidade, conforme observado no Quadro 1.

Quadro 1- Especificações do Modelo de Cisternas do Programa Cisternas/MDS.

Modelo – Cisterna de placas pré-moldadas de concreto Medidas para uma Cisterna de aproximadamente 16.000 litros		
Item dimensional	Medida	
Raio	1,73 m	
Profundidade do Buraco	1,20 m	
Altura em relação ao solo	1,20 m	
Altura Total	2,40 m	
Tipo de Peça	Nº de Peças	Medidas
Placas de Parede (4 fileiras)	88	Curva interna: raio=1,60m / Espessura: 4cm / Largura: 0,4m / Altura: 0,50m
Placas de Cobertura (conjunto)	21	Comprimento: 1,63m / Largura na borda: 0,50m / Largura na ponta 0,08m
Vigas (caibros)	21	Comprimento: 1,66m / Seção: 6x6cm / Comprimento do vergalhão: 1,71m

Fonte: Manual de execução do Programa Cisternas – Primeira Água (MDS, 2011).

A norma NBR 15527/07 da ABNT, intitulada *Água de Chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*, recomenda que os reservatórios de armazenamento de águas pluviais devem atender à NBR 12217 (Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público); dentre as recomendações da norma se destaca que sejam instalados: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança; deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes.

2.2.4. Dispositivos filtrantes da água de chuva

Normalmente, o telhado de uma edificação é a primeira escolha para a captação de água de chuva; no entanto, é uma superfície propícia à deposição de poeiras, folhas, insetos mortos, fezes de pássaros e roedores, pesticidas e outros resíduos transportados pelo ar, de acordo com Oliveira (2008) e Sacadura (2011).

A poluição que a chuva traz da atmosfera é bastante variável, em função da sua localização geográfica; de maneira geral, o espaço rural apresenta

melhor atmosfera que o espaço urbano, no qual são verificados os mais altos índices de poluição atmosférica.

Andrade Neto (2012) afirma que a perda de qualidade e a contaminação da água de chuva ocorrem, sobretudo, quando escoam sobre a superfície de captação, carreando a sujeira acumulada no intervalo entre duas chuvas.

Esse autor analisa vários aspectos da qualidade da água e da proteção sanitária de cisternas rurais e propõe, como medida para impedir que a sujeira contamine a água captada, o desvio da cisterna, das primeiras águas de cada evento de chuva até acontecer o processo de autolimpeza do telhado e assegura que o primeiro milímetro da chuva é geralmente suficiente para promover tal limpeza.

O descarte inicial dos primeiros fluxos (*first flush*), consiste na abstração dos milímetros iniciais. A NBR 15527/07 preconiza volumes entre 0,4 e 8,5 mm da chuva, antes de sua acumulação (ABNT, 2007). Porém, segundo Murakami & Moruzzi (2012), nem sempre este processo garante que a água armazenada apresente as condições mínimas de qualidade requeridas, não obstante este seja o único procedimento exigido em norma como condição para captação de água de melhor qualidade.

Para Xavier *et al.* (2009), o desvio das primeiras águas pode ser realizado de forma manual, desconectando das calhas os tubos que conduzem a água até a cisterna; ou automática, por meio de um dispositivo que desvia a primeira porção da água captada junto com a sujeira, para um pequeno reservatório, hermeticamente fechado que, após totalmente preenchido, deixa passar a água limpa, na sequência.

Andrade Neto (2012) descreve o dispositivo automático como um pequeno tanque para o qual são desviadas automaticamente as primeiras águas de cada chuva, simplesmente através de um derivador em T, intercalado na tubulação de entrada da cisterna, que desvia para este pequeno tanque as águas de lavagem da superfície de captação. Como o tanque de desvio permanece totalmente fechado, quando o telhado está lavado ele enche e só então é que a água de melhor qualidade vai para a cisterna. O fecho hídrico dispensa boias ou outros artifícios.

O mesmo autor alerta que “depois da chuva e antes que se acumule sujeira na superfície de captação, o tanque de desvio deve ser esvaziado através de uma tubulação de descarga que, novamente fechada, deixa o dispositivo pronto para o desvio automático das primeiras águas da próxima chuva”. A Figura 14 apresenta três layouts de dispositivo automático de descarte do escoamento inicial, construídos em alvenaria e tubos e conexões de PVC, como sugere Andrade Neto (2012).

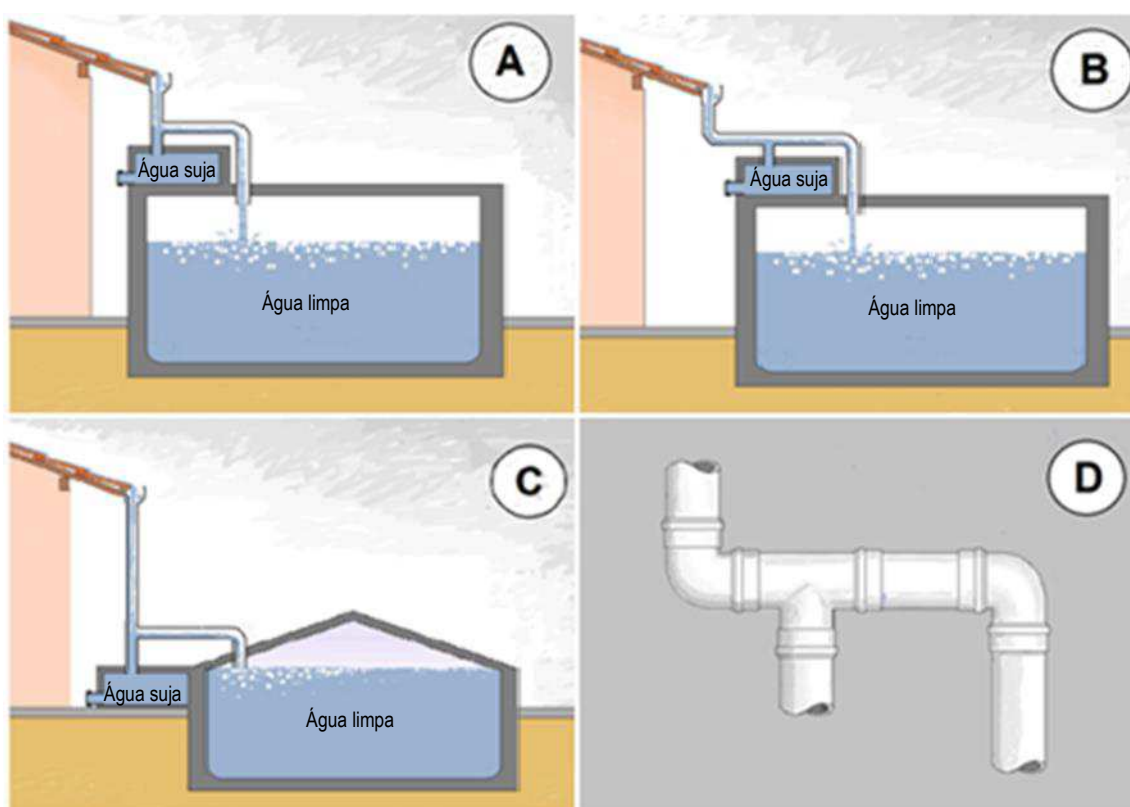


Figura 14 – Três distintos layouts de dispositivos de desvio automático de primeiros fluxos construídos em alvenaria (A, B e C) e sua montagem em tubos de PVC rígido e respectivas conexões (D).

Ilustrações do autor com base em desenhos de Andrade Neto (2012).

Existem, no mercado, filtros industrializados que se propõem eficientes como barreiras físicas contra macro sujeiras e até filtragem microbiológica; porém, não se encontrou trabalho científico algum de avaliação desses dispositivos. O que se sabe ao certo é que costumam ser de difícil acesso aos moradores de espaços rurais, por serem, via de regra, de baixa renda e terem esses produtos preço elevado. Na Figura 15 são apresentados dois modelos de filtros industrializados.

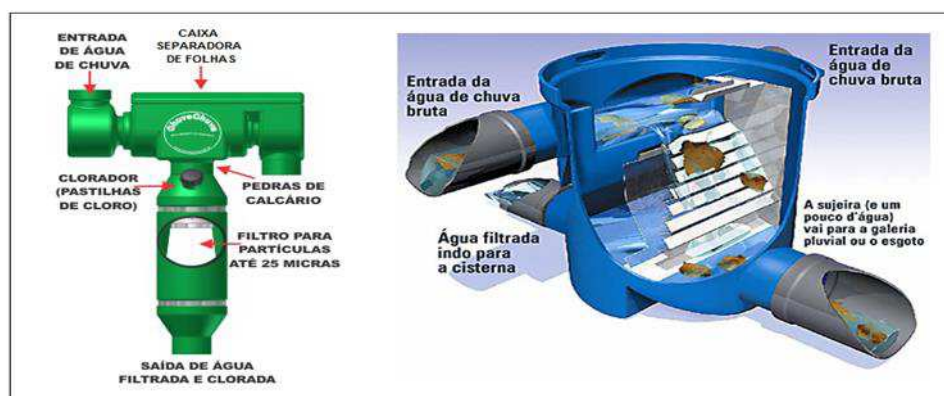


Figura 15 – Modelos de filtros industrializados para água de chuva.

2.3. Qualidade da água de chuva armazenada em cisternas

Uma preocupação relevante em torno da tecnologia de captação se relaciona com a qualidade do líquido armazenado. Resultados de diversas pesquisas através das quais se analisou água armazenada em cisternas, em distintas regiões do Semiárido, revelam que a contaminação microbiológica é o principal fator de restrição do uso dessas águas para o consumo humano, de vez que representa grave risco à saúde pública e contribuem para a manutenção dos ciclos endêmicos de doenças infecciosas de veiculação hídrica (XAVIER et al. 2011; WISBECK *et al.* 2011; TORRES, 2011; TAVARES, 2009; BRITO *et at.*, 2005).

Apesar de serem inúmeras as fontes de poluição atmosférica, os níveis de contaminação da água da chuva são, de modo geral, baixos. Na maioria dos locais do mundo, especialmente em áreas rurais e em pequenas cidades, os níveis de poluição e contaminação da atmosfera são baixos e não atingem concentrações capazes de comprometer significativamente a qualidade da água das chuvas que, geralmente, é a água natural disponível de melhor qualidade. A principal contaminação, para Bertolo (2006), ocorre nas fases do processo de aproveitamento, iniciando-se com a captação e passando pelo armazenamento, até o destino final.

Atenuantes a este problema são os tratamentos aplicados, a exemplo de dispositivo de desvio do escoamento inicial, filtros mecânicos, desinfecção,

tratamento químico e fervura, entre outros (OLIVEIRA, 2008; XAVIER, 2010; WISBECK *et al.* 2011) .

Xavier (2010) pondera que o transporte da água da cisterna para o interior da residência é fator significativo de contaminação já que o líquido é conduzido em baldes ou latas, muitas vezes inapropriados, e guardados, em alguns casos, próximos à criação de animais ou banheiros.

Torres *et al.* (2011), constataram, avaliando a contaminação bacteriológica de águas de chuva coletadas em cisternas e potes em sete comunidades rurais do SAB, que das 66 residências avaliadas, 39 não apresentavam qualquer diferença de contaminação entre as águas coletadas e que em 20 residências a contaminação no pote era muito mais elevada do que na cisterna, revelando o grande problema de contaminação com transporte e o manejo da água para consumo.

Para evitar este problema, Brito *et al.* (2005) recomendam o uso de uma bomba hidráulica que, além de facilitar o processo de retirada da água da cisterna, canalizando-a para seu destino final, também permite reduzir as incidências de sua contaminação quando comparada ao uso do balde ou lata com corda que, normalmente, ficam expostos ao ambiente e podem, eventualmente, ser usados para outras finalidade; entretanto, é necessário considerar as vibrações provocadas pelo funcionamento da bomba e seus possíveis efeitos deletérios na estrutura da cisterna.

Com o objetivo de avaliar a possibilidade do aproveitamento da água de chuva de maneira qualitativa e econômica em um complexo industrial e em uma escola no interior do Estado de São Paulo, Silva (2008) analisou amostras de água coletadas em diferentes pontos dos sistemas de captação pluvial (telhado, calha, cisterna1 e cisterna 2 antecedida por filtro de areia). Silva verificou a ocorrência de contaminação bacteriológica (coliformes totais, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas, de acordo com a portaria MS 518), em todos os pontos de captação de água e recomenda a adaptação de um sistema de desinfecção da água de chuva após o bombeamento da água da cisterna.

Zerbinatti *et al.* (2011) avaliaram as características físico-químicas e biológicas da água de chuva coletada em duas situações: a) diretamente da

chuva e b) indiretamente, através de diferentes tipos de telhado e concluíram que o material do telhado não influenciou significativamente na qualidade da água mas as condições dos telhados influenciaram, sim, na sua qualidade físico-química mas que as amostras coletadas pelos telhados não apresentaram qualidade que atendam às normas do CONAMA 20/86 para utilização humana sem prévio tratamento.

A norma NBR 15527/07 da ABNT traz recomendações acerca dos padrões de parâmetros físico-químicos e microbiológicos que devem ser monitorados periodicamente, conforme visto no Quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros de qualidade de águas pluviais para usos não potáveis

Parâmetro	Periodicidade das análises	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT Para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
pH	Mensal	Ajuste entre 6,0 e 8,0

Fonte: ABNT - NBR 15527/07

2.4. Patologias dos SAACs instalados no Semiárido

Embora haja uma preocupação crescente com a qualidade da construção civil, verifica-se que muitos dos SAACs construídos nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada. Pode-se mesmo constatar a existência de sistemas, construídos recentemente, com manifestações patológicas muito graves, limitando a capacidade de sua utilização. Vários fatores são apontados como causadores desses problemas: a pressa na execução, a falta de rigor construtivo, a inadequação de materiais, mau uso etc.

Outro fator limitante em relação a esta tecnologia se relaciona ao desempenho funcional global. Com muita frequência, os SAACs apresentam

patologias estruturais das mais diversas ordens, a exemplo de fissuras nas cisternas, ausência de componentes básicos do sistema como calhas e dutos, utilização de materiais inadequados, imperfeições no telhado entre outras, colocando em risco a oferta de água para o consumo humano (OLIVEIRA, 2008; MEIRA FILHO *et.al* 2012).

Em sua grande maioria, os sistemas implantados no SAB são constituídos basicamente de um telhado e uma cisterna de alvenaria, além de outros componentes acessórios, feitos com técnicas e materiais que os caracterizam como um produto da construção civil. Logo, a análise das patologias ocorrentes nesses aparatos considera procedimentos inerentes ao campo das patologias das edificações.

Lordsleem Júnior (1997) define patologia das edificações como “a ciência que estuda os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos ou da edificação como um todo, diagnosticando suas causas e estabelecendo seus mecanismos de evolução, formas de manifestação, medidas de prevenção e de recuperação”. Para além desta conceituação, Bauermann (2002) argumenta que no estudo das patologias devem ser abordados os resultados da edificação no atendimento das satisfações e anseios dos usuários.

As patologias na construção civil não dependem exclusivamente das ações ambientais, mas também de pontos relevantes de ordem técnica e de fatores humanos, de acordo com Camelo (2011). Nesta mesma perspectiva, Souza (2004) e Ribas e Souza (2007) apontam como principais causas das patologias em construção os seguintes fatores, nesta ordem: defeitos de concepção; defeitos de execução; defeitos dos materiais e defeitos de utilização, entre outros. Bauermann (2002) enfatiza que a falta de projetos adequados é responsável por 60% dos problemas patológicos das edificações.

Nos SAACs a interrelação entre os diversos subsistemas (captação, condução e armazenamento), além da variedade de materiais, componentes e equipamentos constituintes (tubos, conexões, bombas, dispositivos para desvio das primeiras chuvas, entre outros), pode dar origem a uma grande diversidade de manifestações patológicas que vão desde simples falhas frequentes em certos equipamentos até variações que comprometem consideravelmente a qualidade e a quantidade da água armazenada.

A análise dos sistemas de aproveitamento de água de chuva com ênfase na tipificação e na caracterização da natureza das patologias e inconformidades mais frequentes pode contribuir para a melhoria na qualidade dos sistemas atualmente implantados e projetos futuros, orientando recomendações que possam contribuir para minimizar a problemática do abastecimento de água na área rural do SAB.

Auditoria realizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU), da Ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água – a cargo da Associação P1MC, detecta uma série de patologias ocorrentes nos sistemas instalados no SAB e recomenda que sejam tomadas providências para elaboração de “parecer técnico sobre a adequação dos métodos construtivos adotados na construção das cisternas, a durabilidade dos equipamentos, a qualidade do material utilizado e sua compatibilidade com os custos praticados, especialmente em relação aos equipamentos instalados nas regiões em que forem observadas ocorrências de fissuras ou rachaduras” (BRASIL, 2006, p. 68),

A manutenção das cisternas construídas pela Associação AP1MC é outra preocupação considerada na avaliação do TCU, sobre cujo aspecto a auditoria relata que:

A observação direta realizada em 74 cisternas visitadas revelou que 28 apresentam fissuras ou rachaduras. Já as respostas às entrevistas realizadas apontaram a existência de rachaduras em 26,2% das cisternas e de vazamento em 13,1% destas. Brasil (2006, p. 63).

Pesquisa realizada por Meira Filho (2004) em um recorte do Semiárido paraibano, constatou que das residências que dispunham de sistemas de captação com os elementos mínimos necessários, apenas 16% armazenavam água suficiente para abastecimento durante todo o ano, atribuindo o baixo índice às precárias condições verificadas no subsistema de condução de água, composto por calhas e tubos condutores.

Ceballos (2007) realizou entrevistas com 175 famílias usuárias de SAACs no Semiárido paraibano e verificou que 46% dos sistemas analisados apresentaram algum tipo de manifestação patológica, dentre as quais as mais frequentes foram rachaduras e vazamentos nas cisternas, responsáveis por 20%

dos casos; outros 20% dos problemas encontrados decorriam do mau posicionamento das calhas.

Com bastante frequência se observa no SAB a ocorrência de problemas patológicos motivados por erros de concepção. Por exemplo, é muito comum a construção da cisterna em um ponto demasiadamente afastado da residência, carecendo, neste caso, de longos trechos de tubos condutores; além de onerar o sistema, esse tipo de arranjo representa dificuldades na instalação, refletindo a baixa eficiência no processo de condução da água captada à cisterna.

A falta de critérios nesses arranjos favorece a vulnerabilidade do subsistema de calhas e condutores, levando a que esses fiquem suspensos ou fixados por meio de suportes improvisados, favorecendo problemas de desprendimento ou obstaculizando o escoamento da água. Na Figura 16 se observam exemplos desses arranjos, muito comuns em sistemas instalados no SAB.



Figura 16 • Condutores suspensos, fixados por meio de suportes improvisados.

Fonte: Meira Filho (2004).

Quanto à questão da eficiência do subsistema de calhas e condutores, Meira Filho (2004) constatou que os maiores problemas decorrem da maneira improvisada com que são anexadas as calhas e os condutores ao sistema. Em geral, os suportes são confeccionados com o material mais acessível possível, sendo muito comum a prática da reciclagem de materiais, ignorando-se critérios estéticos, funcionais ou higiênicos.

Depreende-se, portanto, dessas análises, a necessidade de avaliação pós-uso do produto SAAC, considerando, a partir das informações coletadas nessas observações e por meio de inspeções e avaliações técnicas, que os resultados poderão proporcionar subsídios que norteiem as intervenções necessárias às ocorrências patológicas identificadas, bem como avaliar a percepção deste produto por parte do usuário.

A implantação efetiva de uma edificação deve, segundo Campos (2010), estar a serviço do usuário e a validação do uso deste produto dependerá do usuário, colocado como foco principal. Baptista (2009) destaca a adequação da metodologia de Avaliação Pós-Ocupação (APO) na avaliação do ambiente construído, quando se busca não apenas a visão do pesquisador/investigador, mas principalmente o olhar do usuário constituindo-se, portanto, um instrumento de controle de qualidade do processo de produção e uso do ambiente construído.

2.5. Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído

A avaliação Pós-Ocupação (APO) é definida por Preiser (1998) como um processo metodológico de coleta sistemática de dados, análise e comparação com critérios de desempenho explicitamente declarados, relativos ao ambiente construído, após sua ocupação. Campos (2010) define a APO como o método interativo que detecta patologias e determina terapias no decorrer do processo de produção e uso de ambientes construídos, através da participação intensa de todos os agentes envolvidos.

Segundo Preiser & Nasar (2008), a metodologia APO correlaciona as medidas do desempenho físico com o desempenho percebido, ou seja, a resposta dos usuários à efetividade das edificações.

Preiser & Schramm (2002) identificam três níveis de APO: indicativa; investigativa e diagnóstica. Para Baptista (2010), esses três níveis diferem entre si em virtude da profundidade do desenvolvimento da pesquisa, da finalidade, dos prazos e dos recursos disponíveis. A Figura 17 ilustra o processo de um modelo de APO mostrando as três abordagens que podem fazer parte de uma avaliação típica.

Preiser & Nasar (2008) dividem cada uma dessas abordagens em três etapas: planejamento; condução e aplicação. Cada uma delas é desenvolvida em três fases, em que a etapa de planejamento envolve: reconhecimento e viabilidade; planejamento dos recursos e planejamento da pesquisa e as fases da condução se relacionam ao processo de coleta de dados; à gestão de acompanhamento de coleta de dados e à análise dos dados.

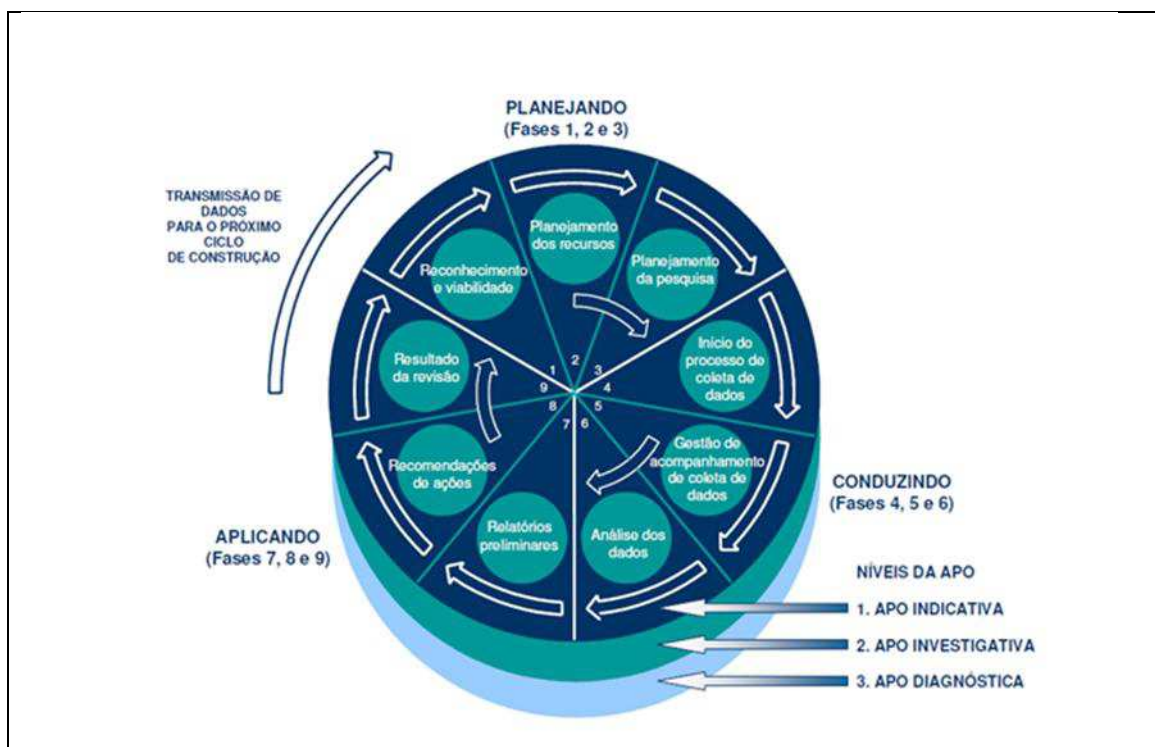


Figura 17 - Processo de um modelo de APO
Fonte: Preiser (2002) e Baptista (2010)

A fase de aplicação é, segundo Baptista (2010), a mais crítica na perspectiva do usuário, visto que é nesse momento que ocorrem a identificação dos problemas, a apresentação das recomendações e as ações a serem tomadas, além do acompanhamento do resultado das ações recomendadas, de vez que os benefícios e o valor da APO são estabelecidos na fase final.

De modo geral, a APO, segundo Preiser & Schramm (2002), Jaques (2008), Campos (2010) e Baptista (2010), pode servir para vários objetivos em função da organização de metas e propósitos do usuário, podendo fornecer dados necessários para:

- Medir a funcionalidade e a adequação do projeto e estabelecer conformidade com os requisitos de desempenho citados no programa funcional;
- Realizar pequenos ajustes nas edificações visto que alguns deles incorporam o conceito de "adaptabilidade";
- Ajustar programas de edificações CEI;
- Conhecer o grau de satisfação do usuário com o produto adquirido e o nível de assistência técnica fornecida pelo fabricante;

- f) Testar a aplicação de novos conceitos visto que a APO pode ajudar a determinar um novo conceito funcional;
- g) Justificar ações e despesas;
- h) Propor recomendações sobre problemas técnico-construtivos, funcionais e comportamentais, para o objeto de estudo;
- i) Conscientizar os principais agentes (usuários-chave) envolvidos no uso, operação e manutenção do ambiente objeto de avaliação, no sentido da conservação e otimização do desempenho do patrimônio imóvel pois este fator está associado ao bem-estar e à produtividade dos ocupantes;
- j) Controlar a qualidade do ambiente construído, no decorrer de seu uso, minimizando os custos de manutenção e de intervenções físicas propostas;
- k) Gerar conhecimento sobre as formas de uso e identificação das necessidades quanto à operação e à manutenção;
- l) Desenvolver manuais de manutenção e operação para ambientes construídos em uso;
- m) Desenvolver plano diretor de "rearranjo", flexibilização e/ou expansão dos espaços de ambientes construídos já em uso, para sua maior adequação a funções diferenciadas e a inovações tecnológicas;
- n) Desenvolver manuais/diretrizes de projeto, critérios, padrões e normas para projetos futuros de ambientes construídos semelhantes;
- o) Desenvolver conhecimentos quanto aos resultados do projeto, da construção e das decisões sobre os custos operacionais, as práticas de gestão; a satisfação dos usuários e os aspectos do desempenho do edifício;
- p) Acumular conhecimentos a fim de informar os profissionais envolvidos, os clientes e usuários e melhorar as práticas relacionadas com a construção e
- q) Utilizar os dados desta avaliação para realimentar o ciclo do processo de produção e o uso de ambientes semelhantes, buscando otimizar o desenvolvimento de futuros projetos.

A implantação efetiva de uma edificação, segundo Campos (2010), deve estar a serviço do usuário e a validação do uso do produto dependerá deste usuário, colocado como foco principal. Baptista (2009) destaca a adequação da metodologia de Avaliação Pós-Ocupação (APO) na avaliação do ambiente construído, quando se busca não apenas a visão do pesquisador/investigador,

mas principalmente o olhar do usuário constituindo-se, portanto, um instrumento de controle de qualidade do processo de produção e uso do ambiente construído.

Embora inexistam pesquisas específicas que correlacionem esses dois assuntos, entende-se que é adequada a apropriação de procedimentos de APO na avaliação de sistemas de aproveitamento de água de chuva; é, também, uma oportunidade de se analisar essas instalações de forma global, com a participação do usuário, mesmo requerendo adaptações em função do foco do trabalho ou dos objetivos traçados. Batista (2010) alerta, no entanto, que a APO só terá seus objetivos atingidos a partir do momento em que seus resultados forem repassados aos construtores e órgãos governamentais responsáveis pela construção dessas instalações, que terão em mãos subsídios para garantir a qualidade do produto construído.

Para Jaques (2008) há duas etapas contidas no ciclo de vida de uma edificação; a primeira é de curta duração e envolve o planejamento, o projeto e a construção; a segunda é mais longa e representa o objetivo da obra: para ser usada. É nessa etapa que se situa o estudo em pauta, o qual servirá para retratar o 'desempenho' do produto em uso, associado às suas propriedades, comportamento e atendimento às necessidades do usuário.

O método de Avaliação Pós-Ocupação (APO) permite analisar o desempenho de uma edificação tendo, como uma das principais características, a retroalimentação do processo apresentando, aos produtos estudados, a possibilidade de orientar projetos futuros e ações de manutenção (PREISER & NASAR, 2008). A APO, portanto e de acordo com Baptista (2009), se constitui em um instrumento de controle da qualidade do processo de produção e uso do ambiente construído.

A APO, conforme Jaques (2008), pode ser aplicada em edificações de qualquer tipologia, contribuindo para uma visão sistêmica das construções, podendo envolver profissionais de todas as áreas, com a participação integrada dos usuários. Portanto, esta metodologia se estende à avaliação de SCACs instalados em residências rurais, os quais são considerados produtos ainda frágeis do ponto de vista técnico e econômico.

O processo de APO envolve uma investigação multidisciplinar, levando-se em conta o ponto de vista de projetistas, designers, e dos usuários no diagnóstico de patologias, considerando os fatores técnico-funcionais, ergonômicos, econômicos, estéticos e comportamentais do ambiente, visando minimizar ou corrigir as falhas identificadas por meio de programas de manutenção e conscientização dos usuários, em edificações públicas ou privadas; igualmente importante, visa realimentar o ciclo do processo de produção-uso, dando condições aos agentes envolvidos a se integrarem no processo, como um todo, desde a detecção das patologias até a tomada de decisões em relação à otimização de futuros projetos (BARLEX, 2006; JAQUES, 2008; CAMPOS, 2010).

A avaliação das patologias tendo como eixos aspectos técnico-funcionais e comportamentais dos SCACs, se apoia na visão de Hadjri & Crozier (2009) que explicam a APO como o processo que envolve uma abordagem rigorosa para a avaliação tanto dos elementos tecnológicos como dos antropológicos de um sistema construído, em decorrência da complexa e dinâmica relação que os seres humanos têm com o ambiente construído.

Na análise das patologias aqui tratadas foram consideradas as falhas do produto SCAC no desempenho das funções principal, básicas e secundárias. A função principal explica a existência do produto, do ponto de vista do usuário; já a função básica é aquela que faz o produto funcionar enquanto as funções secundárias suportam, ajudam e possibilitam ou melhoram a função básica (BAXTER, 2011; WANG, et al., 2012).

Na análise funcional de qualquer produto é necessário o conhecimento detalhado de seu funcionamento de forma lógica e sistemática. Baxter (2011) orienta a realização desta análise em duas etapas: a primeira consiste da geração de uma lista de funções do produto; na segunda etapa ordenam-se tais funções em uma "árvore funcional", cujos resultados podem ser usados para estimular a geração de conceitos e podem fornecer elementos para outras análises posteriores, inclusive análise de valores e análise das falhas.

2.6. Análise das funções do Sistema de Captação de Água de Chuva

A avaliação da qualidade de um produto, segundo Baxter (2011), está ligada diretamente à sua análise funcional. O autor trata este assunto no campo da metodologia de desenvolvimento de projeto de produtos, onde apresenta a técnica de Análise de Funções.

Para Du *et al.* (2013), a Análise de Funções é uma ferramenta que pode ser utilizada tanto no projeto conceitual de novos produtos quanto no *redesign* de produtos remanufaturados e consiste em um método de exame sistemático das funções exercidas por um produto e como elas são percebidas pelo usuário. Neste processo, a função principal do produto é, conforme o autor supracitado, decomposta em subfunções, que podem ser hierarquizadas em um arranjo gráfico denominado por Baxter (2011) de “Árvore de Funções”. Descrevendo a técnica, este autor orienta que na construção da árvore se deve buscar, com a maior exatidão possível e de forma sistemática, compreender ‘para que serve’ o produto avaliado e quais suas funções, “perguntando-se o que o produto ‘faz’ e não apenas o que o produto ‘é’”.

Por este método, se correlaciona a função à estrutura do produto. Logo, quanto mais profunda a compreensão acerca do produto, maior a possibilidade de se encontrar as soluções adequadas às falhas apresentadas em quaisquer de suas partes ou componentes (BAXTER *et al.* (2008); QIAO & SHANG (2013)).

Löbach (2001) define um produto manufaturado pelas suas funções *práticas, estéticas e simbólicas*. Para Campos *et al.* (2012), a satisfação de um usuário com determinado produto inclui o grau em que os sentidos são gratificados (estética), o significado atribuído ao produto (simbólica) e os sentimentos e as emoções engendradas (emocional).

Entendendo o SCAC como produto manufaturado que se relaciona de forma direta com o conjunto de usuários, ele certamente terá várias funções, como a simbólica, a estética, a social, a econômica e outras; no entanto, pelo escopo deste trabalho, foram consideradas apenas as funções do produto que determinam seu funcionamento, entendidas como “funções práticas”, relacionadas à capacidade de atender a uma necessidade de uso; aquelas que se relacionam com o usuário final por meio de suas partes e componentes físicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local da Pesquisa

A pesquisa de campo foi realizada em residências dos assentamentos rurais denominados Serra do Monte, Belo Monte e Campos Novos, pertencentes aos municípios de Cabaceiras, Pedra Lavrada e Sossego, respectivamente, inseridos na porção semiárida do Estado da Paraíba, situadas entre as coordenadas geográficas 6° 30" e 7° 30" de latitude sul e 36 ° e 36° 30" de longitude oeste. A área pesquisada apresenta temperatura máxima de 35°C, mínima de 19 °C e umidade relativa do ar de 83% (INMET, 2014). A pluviometria média anual não ultrapassa 600 mm e no limite inferior, registra índices pluviométricos baixíssimos, de 200 mm/ano (AESAs, 2006).

A escolha desses assentamentos foi orientada pelos seguintes critérios: localização na porção semiárida nordestina onde são registrados os mais baixos índices pluviométricos; por ser a água de cisterna, nesses locais, a fonte de água mais significativa para o consumo humano; por apresentar condições de acesso à área e, por fim, a aceitabilidade dos moradores em participar da pesquisa.

O assentamento Serra do Monte integra o território do Cariri Oriental e pertence geograficamente ao município de Cabaceiras; ocupa uma área de 5.128.0491 ha, onde residem 80 famílias.

Localizado na microrregião do Seridó, o assentamento Belo Monte tem área territorial de 1.325,72 ha nos municípios de Pedra Lavrada e Cubati, onde residem 49 famílias.

O assentamento Campos Novos, localizado nos limites das microrregiões Seridó e Curimataú, abrange uma área total de 3.588,00 hectares dos municípios de Sossego e de Barra de Santa Rosa, na qual estão assentadas 61 famílias.

Nos assentamentos as famílias desenvolvem produção agropecuária tendo, por base, a agricultura e a pecuária familiar, produzindo gêneros

alimentícios destinados à subsistência e ao abastecimento do mercado consumidor local.

Observa-se, na Figura 18, o mapa do estado da Paraíba, com as isoietas representativas da pluviosidade média anual, em mm, por zonas. A região demarcada no centro do mapa circunscreve uma faixa de terra com pluviosidade média anual entre 200 e 600 mm, na qual se insere a área de estudo.

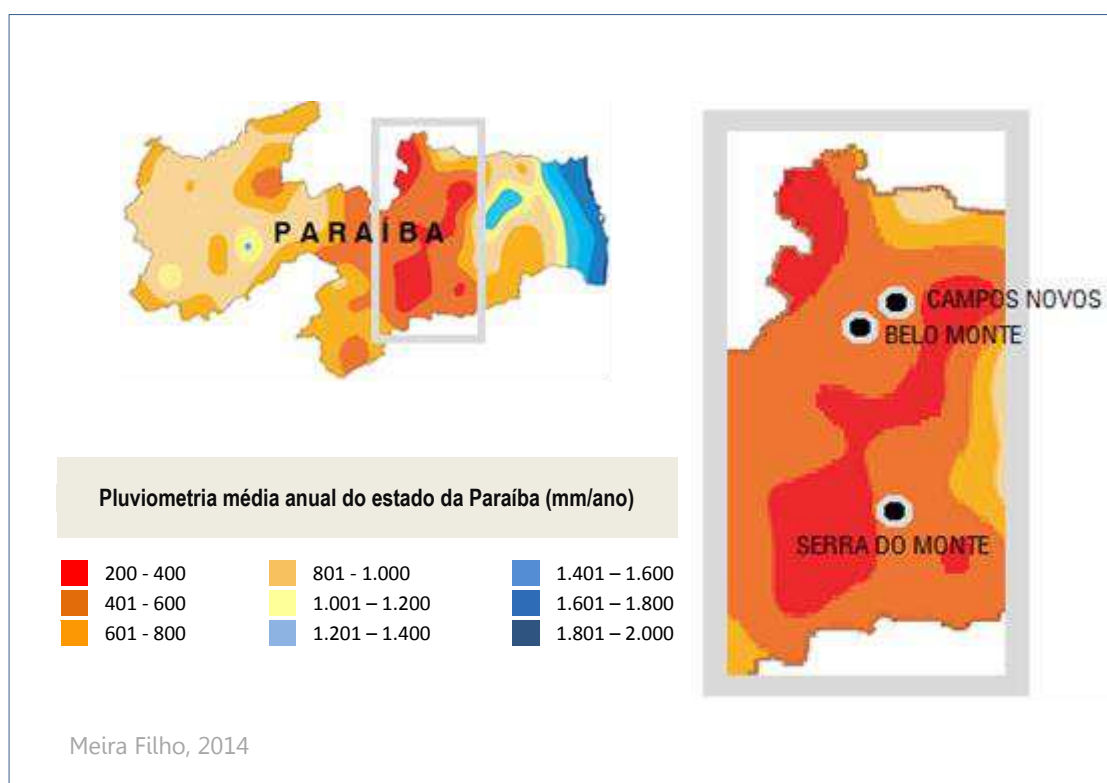


Figura 18 - Demarcação da região de mais baixa pluviosidade média do Estado da Paraíba.

Fonte: Adaptado do Atlas digital da SECTMA – AESA- 2006

3.2. Metodologia de avaliação

Tendo como foco a avaliação – natureza, causas e sintomas - de manifestações patológicas que comprometem o desempenho de SCACs, impedindo que esses produtos atendam plenamente aos critérios técnicos que

a eles se aplicam, o presente estudo teve como base metodológica, a Avaliação Pós-ocupação (APO), ferramenta largamente utilizada no campo da construção e civil e na arquitetura; se vale também de ferramentas utilizadas no campo do design de produtos, a exemplo do Método de Análise Funcional.

3.2.1. Desenvolvimento do modelo de processo de APO do produto SCAC

Para avaliação das patologias relacionadas ao desempenho das funções práticas do SCAC, desenvolveu-se um modelo de processo de APO, adaptado dos métodos da Avaliação Pós-Ocupação de Preiser & Schramm (2002) e de Análise de Funções do Produto de Baxter (2011), o qual compreende as seguintes etapas:

- a) Desenvolvimento da árvore de funções do produto, considerando-se:
 - a.1) Delimitação dos componentes físicos mínimos do SCAC: *a)* telhado da residência, com função de área de captação; *b)* subsistema de condução da água (calhas, condutores, filtros, suportes) e *c)* cisterna;
 - a.2) Geração de uma lista de funções do produto, do ponto de vista do usuário.

- b) Desenvolvimento de uma Ficha de Avaliação de Patologias (FAP)

O modelo da FAP é apresentado no Apêndice 1, incluindo as seguintes partes:

 - b.1) Questionário de coleta de dados do usuário e do produto;
 - b.2) Avaliação do comportamento do produto;
 - b.3) Lista de identificação das ocorrências patológicas;

- c) Caracterização dos componentes dos SCACs;
- d) Elaboração de um catálogo das principais ocorrências patológicas em SCACs.

O modelo de processo de APO adaptado é apresentado na Figura 19.

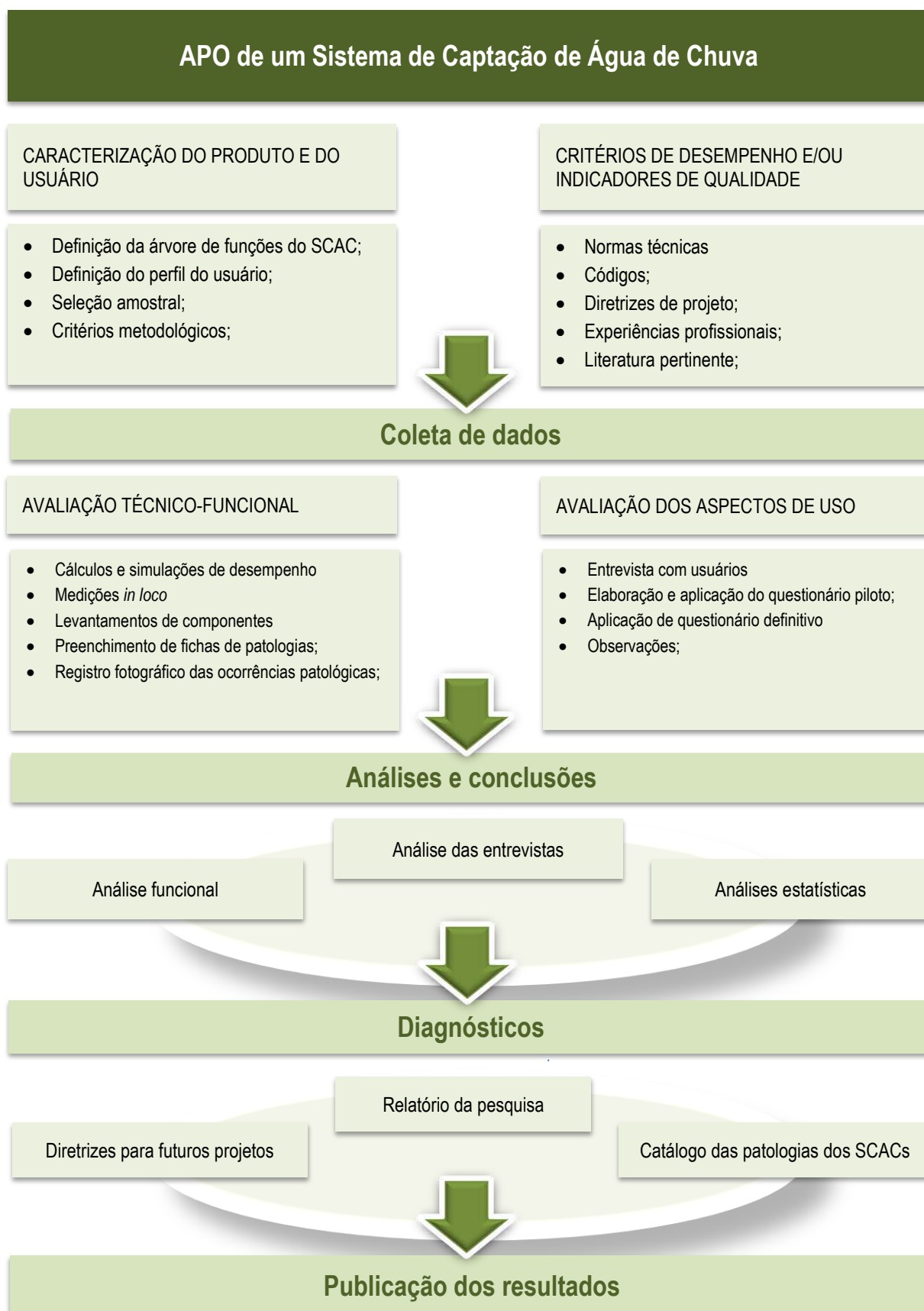


Figura 19 – Fluxograma da Avaliação Pós-Ocupação de um Sistema de Captação de Água de Chuva

3.2.1.1. Instrumentos da coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas, questionários e vistorias *in loco*, além de medições e levantamento fotográfico de ocorrências patológicas em 132 residências rurais, nos assentamentos Serra do Monte, Campos Novos e Belo Monte. As famílias participantes da pesquisa foram selecionadas aleatoriamente, em um conjunto total de 190 unidades residenciais. Na entrevista foi utilizado um questionário padrão semiestruturado, respondido por um membro da família usuária. A coleta de dados técnicos também foi realizada por um observador, utilizando-se a Ficha de Avaliação de Patologia (Apêndice 1), desenvolvida especialmente para esse fim

3.2.1.2. Definição das amostras

O número de edificações rurais com SCACs avaliados em cada um dos assentamentos foi definido por meio da Equação 1, de Luchesa e Chaves Neto (2011), para população finita, e encontra-se distribuído no Quadro 1.

$$n = \frac{N \hat{p} \hat{q} z_{\frac{\alpha}{2}}^2}{\hat{p} \hat{q} z_{\frac{\alpha}{2}}^2 + (N-1).e^2} \quad (\text{Eq 01})$$

Em que: n - número de edificações rurais a serem pesquisadas;

N - número total de edificações do assentamento;

\hat{p} - probabilidade de o sistema avaliado ter patologia;

\hat{q} - probabilidade de o sistema avaliado não ter patologia;

$z_{\alpha/2}$ - valor tabelado para um grau de confiança, de 90%;

e - erro de estimativa igual a 0,05.

Na estimativa do valor da probabilidade do sistema avaliado ter alguma patologia, foram considerados os resultados apresentados por Meira Filho *et al.* (2012) que concluíram, em pesquisa realizada em assentamento rural no mesmo recorte geográfico, que 84% dos sistemas de captação avaliados operavam sob condições deficitárias, devido a algum tipo de manifestação patológica presente nos reservatórios ou em outros componentes dos sistemas.

Quadro 1 - Número de famílias por assentamento e tamanho das amostras

Assentamento	Território	Nº de famílias	Município	Pluviometria média (mm/ano)	Tamanho da amostra	%
Serra do Monte	Cariri Oriental	80	Cabaceiras	200 a 400	52	65
Campos Novos	Seridó	61	Sossego	401 a 600	37	75,2
Belo Monte	Seridó	49	Pedra Lavrada	401 a 600	43	71
Total de famílias: 190			Total de amostras: 132			

3.2.1.3. Procedimento para avaliação do comportamento do produto

Na avaliação do comportamento do produto, foram observados partes e componentes físicos do sistema adotando-se parâmetros delimitados por determinações legais, normas técnicas, considerações de especialistas e relatos da literatura pertinente, conforme demonstrado nos Quadros 2, 3 e 4.

Quadro 2 – Itens de avaliação do subsistema área de captação

Subsistema	Itens observados	Critério/Método
Área de captação	Área do telhado, medida em sua projeção na horizontal.	Normas/ tomada de medidas
	Área de telhado efetivamente contribuinte para a cisterna, considerando-se apenas o(s) trecho(s) em que existem calhas instaladas e tubos condutores;	Tomada de medidas
	Inclinação do telhado	Tomada de medidas
	Estrutura de madeira	Normas/observação <i>in loco</i>
	Estanqueidade mecânica/ posicionamento das telhas	Recomendações da literatura/observações <i>in loco</i>

Quadro 3 – Itens de avaliação do subsistema de condução

Componente	Itens observados	Critério/Método
Calhas	Identificação do material com que são construídas	ABNT NBR 10844, / observação <i>in loco</i> e registro fotográfico.
	Caracterização formal e determinação da área do perfil transversal	Observação <i>in loco</i> e Tomada de medidas
	Verificação do comprimento de cada calha e sua adequação dimensional em relação ao telhado	Observação <i>in loco</i> e tomada de medidas
	Estanqueidade mecânica e a maneira pela qual são fixadas ao beiral	Recomendações da literatura/observação <i>in loco</i>
	Posicionamento em relação à caída da água; declividade; autoestruturação; fechamento das extremidades.	Recomendações da literatura/observação <i>in loco</i>
	Aspectos relacionados à degradação do material (oxidação/corrosão).	Observações <i>in loco</i> e registro fotográfico
Condutores	Identificação do material com que são construídos (partes e componentes).	ABNT NBR 10844, / observação <i>in loco</i> e registro fotográfico
	Aspectos relacionados à degradação do material, incluindo avarias em partes e componentes.	Observações <i>in loco</i> e registro fotográfico
	Layout de instalação em relação à cisterna e à residência; declividade; estruturação; suportes.	Observações <i>in loco</i> e registro fotográfico
	Observação da capacidade de vazão	ABNT NBR 10844, / observação <i>in loco</i> e registro fotográfico.
Filtros	Observar a existência ou ausência de elemento filtrante entre a captação e o armazenamento.	Observações <i>in loco</i> e registro fotográfico
	Investigar procedimentos de desvio das primeiras águas, por parte do usuário.	Observação <i>in loco</i> e entrevistas com usuários.

Quadro 4 - Itens de avaliação da Cisterna

Subsistema	Itens observados	Critério/Método
Cisterna	Caracterização do modelo construído, levantando o maior número possível de informações, tais como: idade de implantação, mão de obra empregada, agente financiador, número de usuários etc.	P1MC/ NBR 12217/ Observação <i>in loco</i> e entrevistas com usuário.
	Determinação da capacidade de armazenamento	Observação <i>in loco</i> e Tomada de medidas
	Investigação da ocorrência de manifestações patológicas e possíveis intervenções corretivas	Observação <i>in loco</i> e tomada de medidas
	Aspectos de acessibilidade, tanto por parte do usuário como em relação a um provável abastecimento por carro-pipa.	Recomendações da literatura/observação <i>in loco</i>
	Localização da cisterna (em relação à casa, à fossa, a árvores)	Recomendações da literatura/observação <i>in loco</i>
	Posição da cisterna em relação ao nível do terreno	Observações <i>in loco</i> e registro fotográfico
	Existência de tela na extremidade do extravasor, a fim de evitar a entrada de pequenos animais.	Observação <i>in loco</i> , registro fotográfico e entrevistas com usuários.
	Existência de fissuras, trincas e/ou rachaduras nas paredes e laje de cobertura da cisterna, relacionando-os a eventuais problemas de infiltrações e/ou vazamentos;	Observação <i>in loco</i> , registro fotográfico e entrevistas com usuários.

3.2.2. Análise dos dados

Análises comparativas dos dados obtidos foram realizadas com critérios estabelecidos em normas e na literatura especializada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos, inicialmente, os componentes resultantes da pesquisa relacionados às etapas desenvolvidas, quais sejam: caracterização do usuário; relação usuário/produto; caracterização físico-estrutural do produto; e análise funcional do SCAC; na sequência também se apresentam e se discutem os resultados da vistoria técnica com foco nas ocorrências patológicas dos SCACs; finalizando, apresenta-se um Catálogo de Patologias, com registro fotográfico e narrativa das principais ocorrências patológicas levantadas na pesquisa de campo.

4.1. Caracterização do usuário

Aqui é considerado usuário o conjunto de membros da família beneficiária do SCAC, em especial aqueles que manejam rotineiramente o sistema. Informações acerca deste usuário, com relação ao seu perfil social e sua relação de uso com o produto, foram obtidas por meio da pesquisa de campo, usando-se como instrumentos a entrevista e observações *in loco*.

De acordo com dados da pesquisa, as famílias usuárias têm, em média, 4,15 membros; desses, apenas 0,39% são crianças com idade inferior a cinco anos, 79,5% das famílias são chefiadas por homens e apenas 20,5% por mulheres. Com relação à renda familiar, observou-se uma vulnerável dependência das famílias, em torno da aposentadoria de um dos membros; enfim, 63,6% das famílias entrevistadas vivem sob esta condição, conforme ilustrado na Figura 20.

A renda proveniente das aposentadorias dos trabalhadores rurais assumem, por um lado, papel dinamizador nas atividades comerciais mas, por outro lado, se configuram como base de um sistema em que o poder de consumo independe da dinâmica produtiva (BURSZTYN & CHACON, 2011).

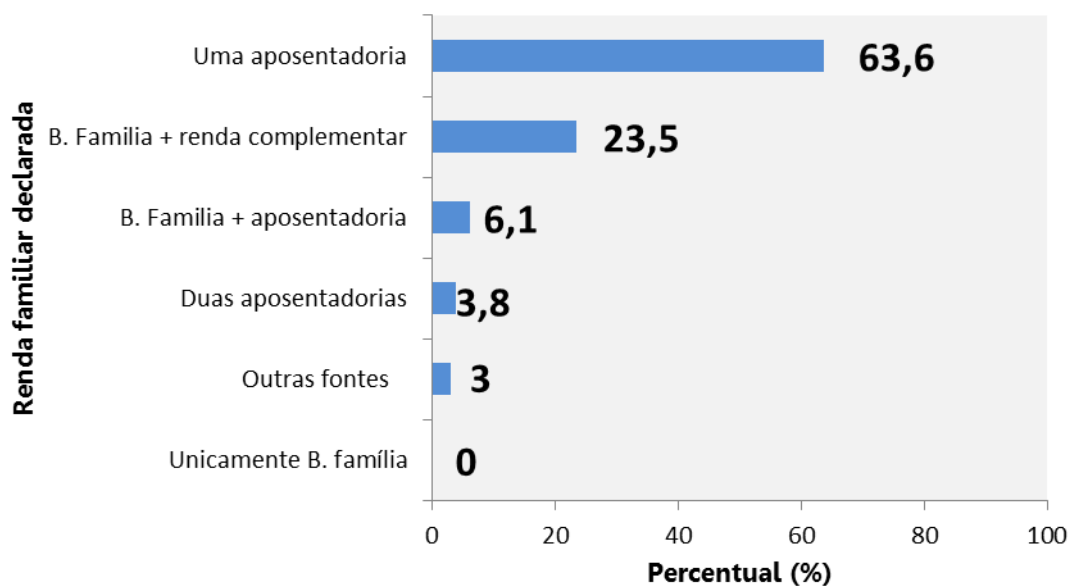


Figura 20 – Renda Familiar declarada dos entrevistados

Os baixos níveis de renda e produtividade verificados nas pequenas propriedades agrícolas são, de acordo com Soares (2008) e Melo (2012), consequência da baixa tecnificação, da subocupação, da falta de condições materiais para armazenar a produção e vendê-la em períodos propícios, da ausência de assistência técnica e, especialmente, da falta de acesso a políticas públicas com foco na sustentabilidade da produção rural de base familiar.

Analisando ainda a Figura 20, verifica-se que o segundo fator de maior impacto econômico familiar foi a renda complementar, caracterizada por atividades esporádicas de prestação de algum serviço ou comercialização de algum produto agrícola ou animal. Esta renda, de acordo com Soares (2008), é um dos elementos que caracterizam a agricultura familiar visto que, em face à insuficiência de seus meios de produção, os agricultores são obrigados a vender sua força de trabalho, embora temporariamente, em outros locais, a fim de manter a família.

Quanto ao grau de escolaridade dos usuários se verifica o elevado percentual de analfabetos, demonstrado na Figura 21. Esses resultados estão de acordo com os dados de Lima & Lopes (2012) que constataram, em levantamento de dados sócioambientais em 33 assentamentos do Rio Grande do Norte, que a maioria dos assentados era analfabeta e apenas 7% concluíram o ensino médio.

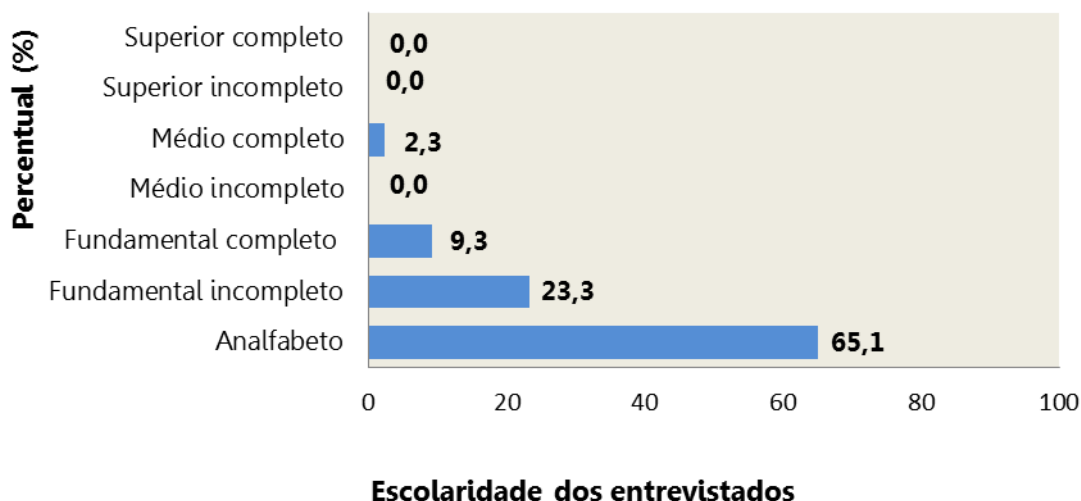


Figura 21 – Grau de escolaridade dos usuários dos SCACs pesquisados

4.2. Relação usuário/produto

A interação estabelecida entre o SCAC e a família usuária não se restringe à rotina diária de retirar água para consumo, com todas as implicações inerentes a essa tarefa mais vai além, por também ser de responsabilidade do usuário a manutenção do sistema, incluindo procedimentos de limpeza do telhado, calhas e condutores, retelhamentos, verificação de vazamentos na cisterna, desvio de primeiros fluxos etc. A não observância dessas rotinas é que leva à ocorrência de patologias das mais diversas ordens. A mão de obra utilizada em reparos eventuais costuma ser, de modo geral, proveniente da própria família, em cerca de 95 % dos casos, conforme declaração dos entrevistados.

Embora os projetos de abastecimento rural por meio de SCACs considerem o consumo da água armazenada exclusivamente para fins alimentares, na prática, a decisão final da forma de utilização dessa água é sempre da família usuária; nesta pesquisa 72% dos entrevistados declararam utilizar a água da cisterna para todas as demandas domésticas. Este elevado percentual alerta para a necessidade do envolvimento da opinião do usuário na concepção dos SCACs ou de outras tecnologias de acesso à água no meio rural.

4.2.1. Retirada da água

Verificaram-se três distintas formas de retirar água da cisterna: *a)* 89% dos usuários entrevistados utilizam um balde plástico (ou uma lata) que, preso a uma corda, é lançado à água, de maneira própria, em que o utensílio caia em posição paralela à superfície da água, possibilitando seu enchimento; após isto, ele é içado cheio, de água, usando-se a força braçal de um usuário, que pode ser um adulto masculino ou feminino ou mesmo um adolescente de menos capacidade física; *b)* outros 9% utilizam bombas hidráulicas acionadas por energia elétrica e *c)* apenas 2% fazem uso de bomba manual, construída em tubos de PVC, instalada na laje de cobertura da cisterna, também acionada por força braçal do usuário. A Figura 22 ilustra os 3 modos de retirada praticados nos SCACs pesquisados.

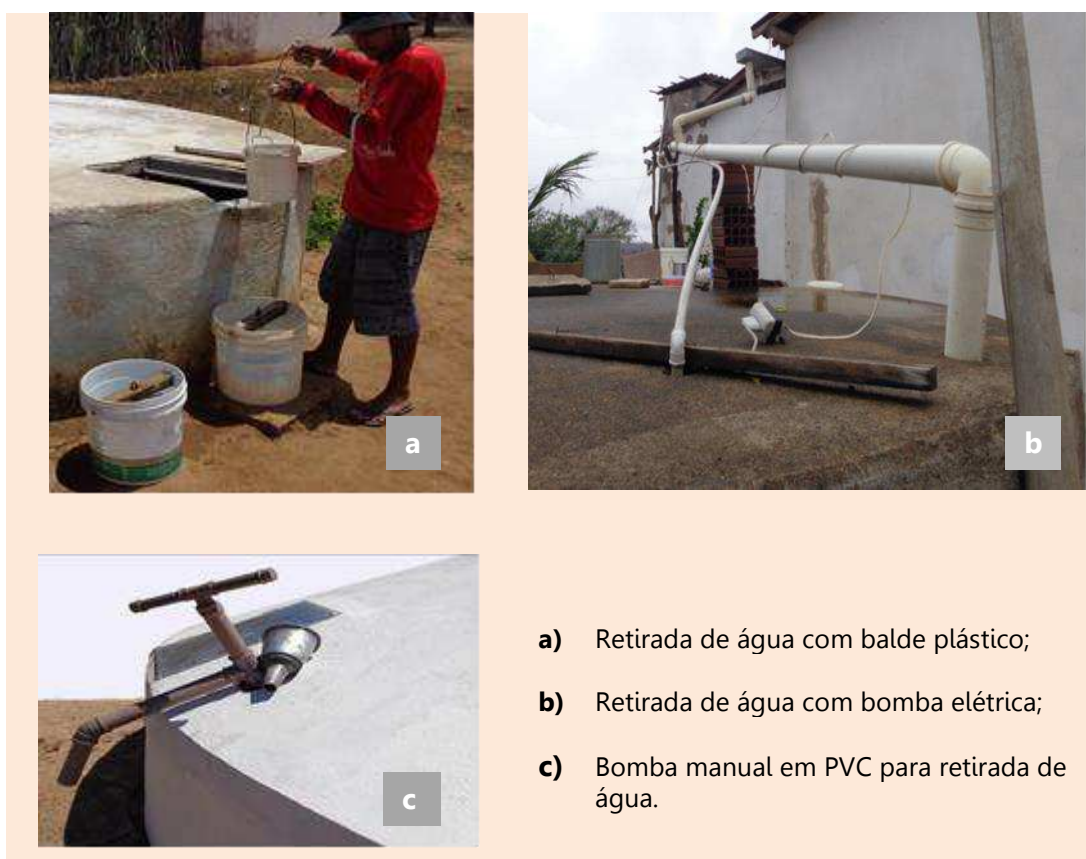


Figura 22 – Os três principais meios de retirada de água nos SCACs analisados.

Os procedimentos de retirada da água realizados pelo esforço humano devem ser vistos com reserva, de vez que envolvem movimentos que “podem causar tensões mecânicas localizadas e, com o tempo, acabam ocasionando dores; podem, ainda, exigir muita energia, provocando sobrecarga nos músculos, coração e pulmões”, alertam DUL e WEERDMEESTER (2013).

Por ocasião dos procedimentos de retirada por meio de baldes outro fator deve ser considerado, que é a necessidade de se abrir e fechar a cisterna com muita frequência, deixando-a exposta a agentes externos, além da possibilidade de o próprio balde estar sujo e contaminar toda a água armazenada.

Torres *et. al.* (2011) encontraram elevada contaminação em amostras de água coletadas nos potes em que são armazenadas depois de retiradas de cisternas por meio de balde e concluíram que em cerca de 30% dos casos a contaminação superou a das amostras coletadas diretamente nas cisternas, revelando o grande problema de contaminação da água durante sua retirada e transporte para o interior da residência.

A fim de minimizar esses problemas de contaminação e facilitar o manejo, Brito *et. al.* (2005) recomendam a retirada da água da cisterna por meio de bomba hidráulica.

4.3. Caracterização físico-estrutural dos SCACs

Em sua forma mais ampla, os sistemas analisados são compostos de uma edificação dotada de um telhado no qual se anexam calhas e condutores que recebem a água captada e a conduzem a uma cisterna de alvenaria. As construções das casas têm padrão construtivo simples, feitas em alvenaria de blocos cerâmicos de 8 ou 6 furos, rebocadas e caiadas e, em média, têm área construída de 95,42m²; de modo geral, são casas reformadas e ampliadas a partir de uma planta básica de aproximadamente 56m²; em muitos casos, se apresentam de forma geminada, gerando um telhado de múltiplas águas.

4.3.1. Tipificação dos telhados pesquisados

A função principal do telhado é proteger as edificações contra as ações das intempéries, tais como chuvas, ventos, raios solares etc, além de impedir a penetração de poeira e ruídos no seu interior. Além da sua função principal, as coberturas das edificações pesquisadas também acumulam a função de captar água de chuva para consumo humano, prática estendida a todo o SAB; isto faz com que a preocupação com o telhado deva ser redobrada, demandando cuidados na manutenção periódica desse componente da edificação, a fim de não comprometer o desempenho dos sistemas de captação instalados.

SACADURA (2011), afirma que as dimensões e a textura da cobertura influenciam na quantidade de água a aproveitar, sendo aconselhável portanto, a adoção de materiais com elevado coeficiente de escoamento (C), em detrimento dos que absorvem mais água, a fim de minimizar as perdas.

De modo geral, o telhado apresenta área de dimensão maior que a área residencial construída, pois a esta se soma também a parte do telhado que ultrapassa os limites da edificação, região denominada de beiral. Considera-se, para efeito dessa delimitação, a área do telhado medida em sua projeção na horizontal, conforme estabelece a NBR 10844.

Na sua totalidade, os telhados pesquisados adotam telhas cerâmicas tipo capa e canal, de desenho simplificado, fabricadas em olarias da própria região, as quais se apoiam em uma estrutura construída em madeira serrada comercial, formada por vigas, caibros e ripas.

A área média dos telhados analisados foi de 104,76m² e a área de telhado efetivamente contribuinte para a captação de água de chuva, ou seja, em comunicação com a cisterna, foi de 84,44m². Observa-se que houve subutilização dos telhados no tocante à captação de água de chuva, numa perda de potencial em torno de 20%, motivada pela falta de calhas em determinados trechos.

4.3.2. Layouts dos telhados

Com relação aos layouts, isto é, os arranjos físicos em que são configurados, predominam basicamente 4 tipos: *a)* telhado em duas águas, com escoamento para frente e para trás (22%); *b)* telhado em duas águas, com escoamento lateral (15,90%); *c)* telhado com três águas, em que uma delas é uma espécie de alpendre anexado, podendo ser na frente ou na parte posterior da residência (12,12%) e *d)* telhado com múltiplas águas (37%).

Observam-se, na Figura 23, os quatro tipos de telhado mais ocorrentes nos assentamentos pesquisados e na Figura 24 os respectivos percentuais de ocorrência.

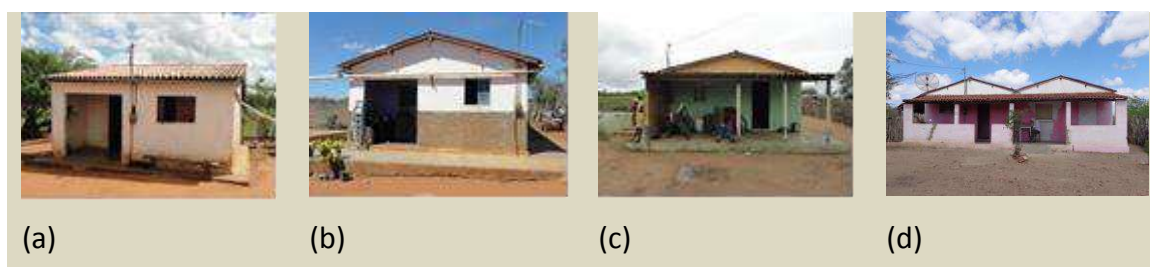


Figura 23 - Tipos de telhados mais ocorrentes nos assentamentos rurais Serra do Monte, Belo Monte e Campos Novos, no Semiárido da Paraíba.

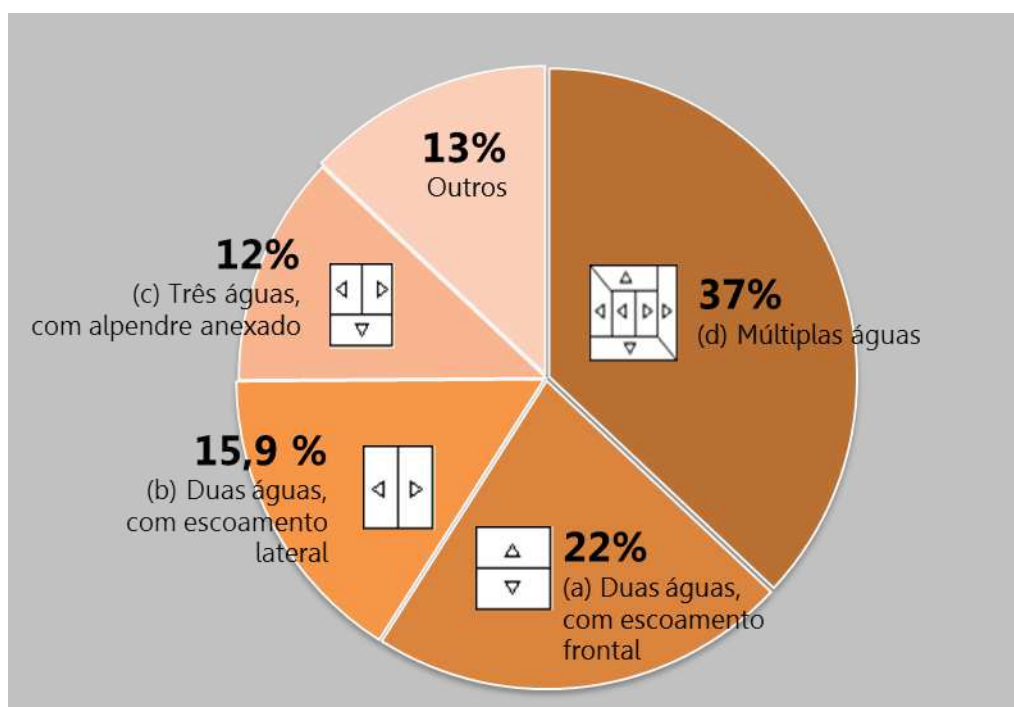


Figura 24 – Percentual de ocorrências dos layouts dos telhados pesquisados.

Os dois primeiros tipos de telhado têm, de modo geral, têm as menores áreas pois foram originalmente construídos desta forma, com área mínima em torno de 55m² e assim se mantêm; já os dois últimos, apresentam maiores áreas construídas, de vez que resultam de ampliações realizadas na edificação primária, ao longo do seu uso.

Dantas *et al* (2012) observaram, avaliando em três localidades da Paraíba, o impacto das mudanças climáticas na precipitação e como este impacto é refletido na vulnerabilidade dos SCACs, por meio de simulação, que o aumento da área de captação de 40m² para 60m² propiciou redução importante dessa vulnerabilidade.

Verifica-se que os valores médios das áreas dos telhados pesquisados, mesmo aquelas subutilizadas, se encontram acima de 80m²; logo, menos susceptíveis aos efeitos climáticos; porém, não obstante o potencial de captação desses telhados, 46% dos entrevistados declararam que suas cisternas são abastecidas exclusivamente por carros pipa com água advinda de açudes da região; outros 42% afirmaram que a mesma cisterna que capta água de chuva, armazena simultaneamente água de outra origem, fornecida por carro-pipa; apenas 12% declararam usar a cisterna para armazenar exclusivamente água de chuva, conforme demonstrado na Figura 25.



Figura 25 – Formas de abastecimento das cisternas pesquisadas

Esses números confirmam o baixo desempenho dos SCACs no atendimento à função principal (captar e armazenar água de chuva) e reforça a necessidade de se investigar as patologias que provocam essa baixa eficiência, sejam elas decorrentes da concepção do projeto ou do manejo e manutenção do sistema no seu processo de uso.

Partindo da premissa de que a tecnologia deve adaptar-se aos aspectos climáticos e não o contrário, há de se supor que todas as falhas e inadequações de natureza funcional provêm de desacertos projetuais e de uso.

4.3.3. Subsistema de condução

O subsistema de condução é constituído de calhas e condutores verticais e horizontais cuja função principal é receber a água captada pelo telhado e conduzi-la até a cisterna. Podem ser acrescentados, ainda, subsistemas ou procedimentos de filtragem da água, a exemplo de dispositivos de desvio de primeiros fluxos. De modo geral, os sistemas pesquisados adotam calhas confeccionadas em chapa de aço galvanizado, com espessura de 0,5 mm, dobradas no sentido longitudinal cujo padrão de dobra é planejado de modo a aproveitar integralmente a largura de uma chapa de 30 cm.

O processo construtivo das calhas é realizado de forma artesanal, apoiando-se a chapa sobre uma viga de madeira, conformando-a por meio de golpes de martelo ou maceta de madeira, em dobras longitudinais que formam ângulos de 90°; em seguida, dobra-se a extremidade da calha e se executa o furo para conectar um condutor vertical feito de tubo de PVC.

Com relação ao acabamento das dobraduras e a rigidez estrutural das calhas observou-se que, de certa forma, esses itens refletem o processo artesanal, ficando evidente a habilidade do executor, ou seja, as dobras realizadas com mais critérios construtivos resultam em calhas mais bem acabadas e vice-versa. Observou-se, ainda, que as calhas construídas em perfil "U" simples (sem dobras nas extremidades) são as que apresentam mais

problemas, tanto de acabamento quanto da falta de estruturação da peça, de onde se conclui que não é vantajoso economizar em operações de dobras pois, quanto mais presentes mais eficientes do ponto de vista estrutural.

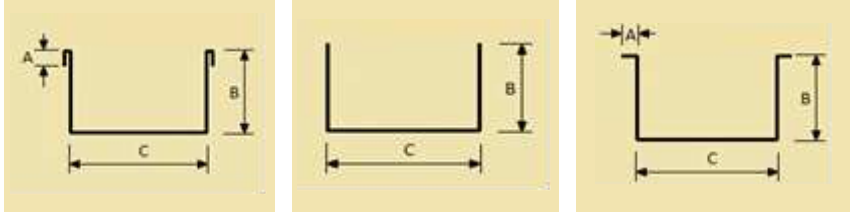
Os SCACs implantados recentemente nas comunidades pesquisadas, período coincidente com o de realização desta pesquisa, foram geridos pelo P1MC; incorporam avanços tecnológicos que incluem a fabricação das calhas por meio de dobradeiras industriais, resultando em melhor acabamento e rapidez na instalação do sistema, visto que as calhas chegam prontas para serem encaixadas e presas por meio de rebites de alumínio. Na Figura 26 observa-se a diferença entre um e outro tipo de calha.



Figura 26 – Diferença de acabamento entre uma calha de chapa galvanizada dobrada artesanalmente e outra dobrada por processo industrial.

4.3.3.1. Tipologia dos perfis transversais das calhas

Com relação à geometria dos perfis transversais as calhas apresentaram, basicamente, três configurações: *a)* Tipo 1 (perfil U, conformado em 4 dobras, com as bordas dobradas para fora e esmagadas); *b)* Tipo 2 (perfil U, conformado em 2 dobras) e *c)* Tipo 3 (perfil U, conformado em 4 dobras, sendo as bordas dobradas para fora). Podem ser observados, na Figura 27, os perfis mais ocorrentes com seus respectivos dimensionamentos (em centímetros) e o percentual de ocorrência de cada um deles.



	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
A	1,5 cm	Não tem	1,5 cm
B	6 cm	7 cm	6 cm
C	15 cm	16 cm	15 cm
Largura da chapa	30 cm	30 cm	30 cm
Área de seção da calha	90 cm ²	112 cm ²	90 cm ²
Ocorrência	33,3%	32,6%	28%

Figura 27 – Tipologia e dimensionamento dos perfis transversais das calhas predominantes nos assentamentos pesquisados

Ainda se verifica, na figura 27, que as medidas das dobras seguem determinado padrão dimensional, em que a largura (C) da calha variou em torno de 15 a 16 cm e a altura (B) em torno de 6 a 7 cm. Com relação à área da seção da calha, os tipos 1 e 3 apresentaram área média de 90 cm² enquanto o tipo 2 apresentou área de 112 cm².

4.3.4. Suportes de sustentação das calhas e condutores

As calhas de beiral são sustentadas por suportes que podem estar presos à estrutura do telhado ou às paredes da edificação. A pesquisa encontrou 85,6% dos sistemas apresentando patologias associadas à inadequação desses componentes, resultado de improvisações com o material mais acessível possível, sendo muito comum a prática da reciclagem de materiais ignorando-se quaisquer critérios: estéticos, funcionais ou higiênicos.

Há registros da confecção de suportes em vários formatos e materiais, tais como: forquilhas de madeira, pedaços de arame, tiras de borracha de câmaras-de-ar velhas e cordas de sisal, entre outros, conforme ilustrado na Figura 28.



Figura 28 (a) e (b) - Improvisação de suportes de calhas e condutores com materiais inadequados

4.3.5. Condutores verticais e horizontais

Para os condutores os SCACs analisados utilizam, de forma generalizada, tubos plásticos de PVC rígido (policloreto de vinila), de seção circular e diâmetro 75 mm. No tocante ao material e dimensionamento, esta solução está de acordo com o que preconiza a NBR 10844. Porém, tal como para as calhas, também não existe um padrão definido para os suportes dos condutores verticais e horizontais.

Por outro lado, 63% dos SCACs analisados apresentaram patologias associadas à maneira de fixação dos condutores. São soluções improvisadas fazendo uso de arames (lisos ou farpados), tiras de borracha, cordas e similares, usando a estrutura do telhado como apoio ou as paredes da edificação. Com muita frequência são observadas instalações de condutores os quais ficam suspensos por forquilhas de madeira, de forma bastante instável, por vezes oscilando à ação de ventos, além de se posicionarem em determinados locais que resultam restritivos ao tráfego de pessoas.

4.3.6. Dispositivos de desvio de primeiros fluxos

De acordo com o que preconiza a NBR 15527(2007), no subsistema de condução devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos, podendo ser, por exemplo, grades e telas. A mesma norma orienta que pode ser instalado um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial e que é recomendado que tal dispositivo seja automático, cujo dimensionamento deve ser feito pelo projetista que, na falta de dados, deve considerar o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Nos SCACs avaliados não foi registrado caso algum de instalação de dispositivo automático de desvio de primeiros fluxos; 16% dos entrevistados declararam que não desviam as águas iniciais; 84%, no entanto, afirmaram que fazem o desvio e o fazem desconectando os condutores da cisterna e os conectando depois de certo tempo de chuva. Este procedimento, por não apresentar um padrão determinado, pode mostrar-se ineficiente. Ademais, além de trabalhoso, abre a possibilidade de se deixar de captar uma chuva inesperada, caso se esteja com os condutores desconectados. Existem alguns modelos de dispositivos automáticos para desvio de primeiros fluxos, já testados, embora careçam de informações a respeito do seu manuseio e manutenção; contudo e apesar da sua importância, essa tecnologia ainda é pouco disseminada no Semiárido.

4.3.7. Cisternas

Nas comunidades pesquisadas foram encontrados, basicamente, 3 tipos de cisterna: *a)* cisterna cilíndrica de alvenaria de placas pré-fabricadas com concreto, com cobertura em laje pré-moldada plana (94%); *b)* cisterna cilíndrica, construída com a mesma tecnologia da anterior, porém com cobertura cônica (3%) e *c)* cisterna prismática, de base quadrada ou retangular, construída em alvenaria de bloco cerâmico vazado ou tijolo cerâmico manual e coberta com laje pré-moldada (3%), conforme ilustrações da Figura 29.



Figura 29 – Três modelos de cisterna de alvenaria encontrados na pesquisa

O bloco cerâmico vazado, ou tijolo, como é popularmente conhecido, tem um custo benefício interessante em relação aos seus concorrentes. Couvignou (2013) afirma que, em se tratando de sistemas convencionais de alvenaria de vedação, seu concorrente direto é o bloco de concreto e que esses são os dois elementos construtivos mais usados em residências, pelo país afora.

4.4. Análise Funcional do SCAC

Na avaliação das patologias dos SCACs, tal como de qualquer produto, é imprescindível que se saiba, com a maior precisão possível, de forma sistemática, para que serve este produto e quais suas funções, como orienta Baxter (2011): “deve-se perguntar o que o produto ‘faz’ e não apenas o que o produto ‘é’”. Partindo desta premissa, procedeu-se à análise das funções práticas exercidas pelo SCAC, nas condições postas.

Não obstante esta análise ser centrada nas funções ‘práticas’ do produto analisado, ele certamente terá outras funções, como a simbólica, a estética, a social e a econômica, entre outras; no entanto, pelo escopo da pesquisa, foram consideradas apenas as funções do produto que determinam seu funcionamento, denominadas “funções práticas”, que dizem respeito à capacidade de atender a uma necessidade de uso, relacionando-se com o usuário final, por meio de partes e componentes físicos do produto.

Seguindo o modelo proposto por Baxter (2012), procedeu-se à análise das funções do SCAC, resultando nas etapas a seguir:

4.4.1. Elaboração da lista de funções do SCAC

Com base na técnica do *brainstorming*, foram levantadas as prováveis funções práticas de um sistema de captação de água de chuva, descritas de forma concisa, combinando verbos com substantivos e, às vezes, adjetivo, como por exemplo: captar água de chuva; armazenar em cisterna; usar telhado da edificação; desta forma, foi gerada uma lista com 35 funções práticas de um SCAC, prevendo as percepções dos usuários sobre essas funções e relativizando a importância de cada uma delas no sistema, como um todo.

4.4.2. Ordenamento hierárquico das funções do SCAC

As funções foram ordenadas de forma hierárquica, segundo a prioridade atribuída, em função principal; funções básicas e funções secundárias e, em seguida, dispostas em um arranjo gráfico denominado “árvore funcional”, conforme ilustrado, de forma genérica, na Figura 30.

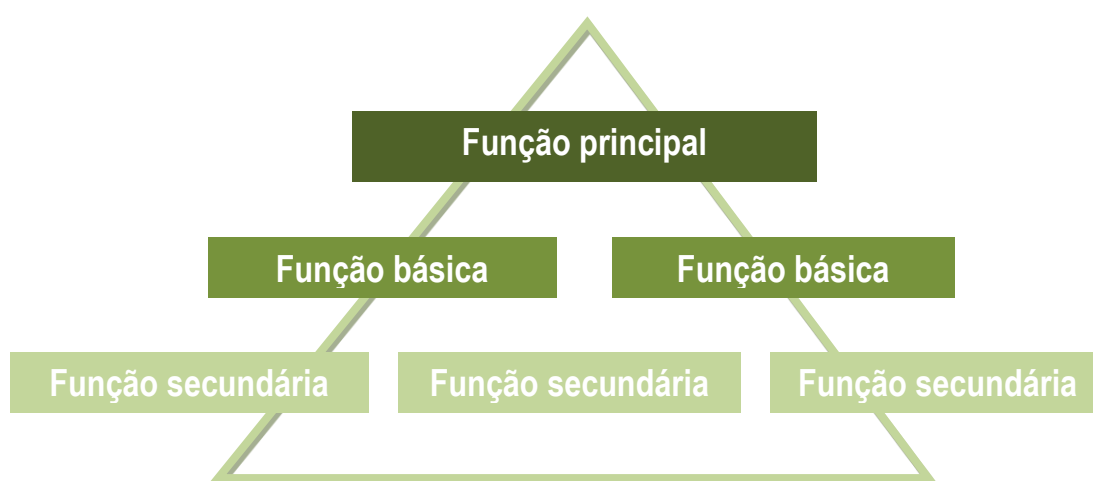


Figura 30 - Árvore de funções típica

A árvore funcional do SCAC foi organizada em oito níveis, sendo o primeiro o topo da árvore, destinado à função principal **“captar água de chuva para consumo humano”**

As funções **“coletar água”** e **“armazenar em cisterna”** foram estabelecidas como funções básicas e se posicionam no segundo nível; as funções secundárias se posicionam a partir do terceiro nível, no qual se encontram as funções **“conduzir água coletada”**; **“usar telhado da edificação”**; **“disponibilizar água para consumo”** e **“manter reserva técnica”**; as demais funções são dispostas nos níveis subsequentes, conforme ilustrado na árvore de funções do sistema, representado na figura 31.

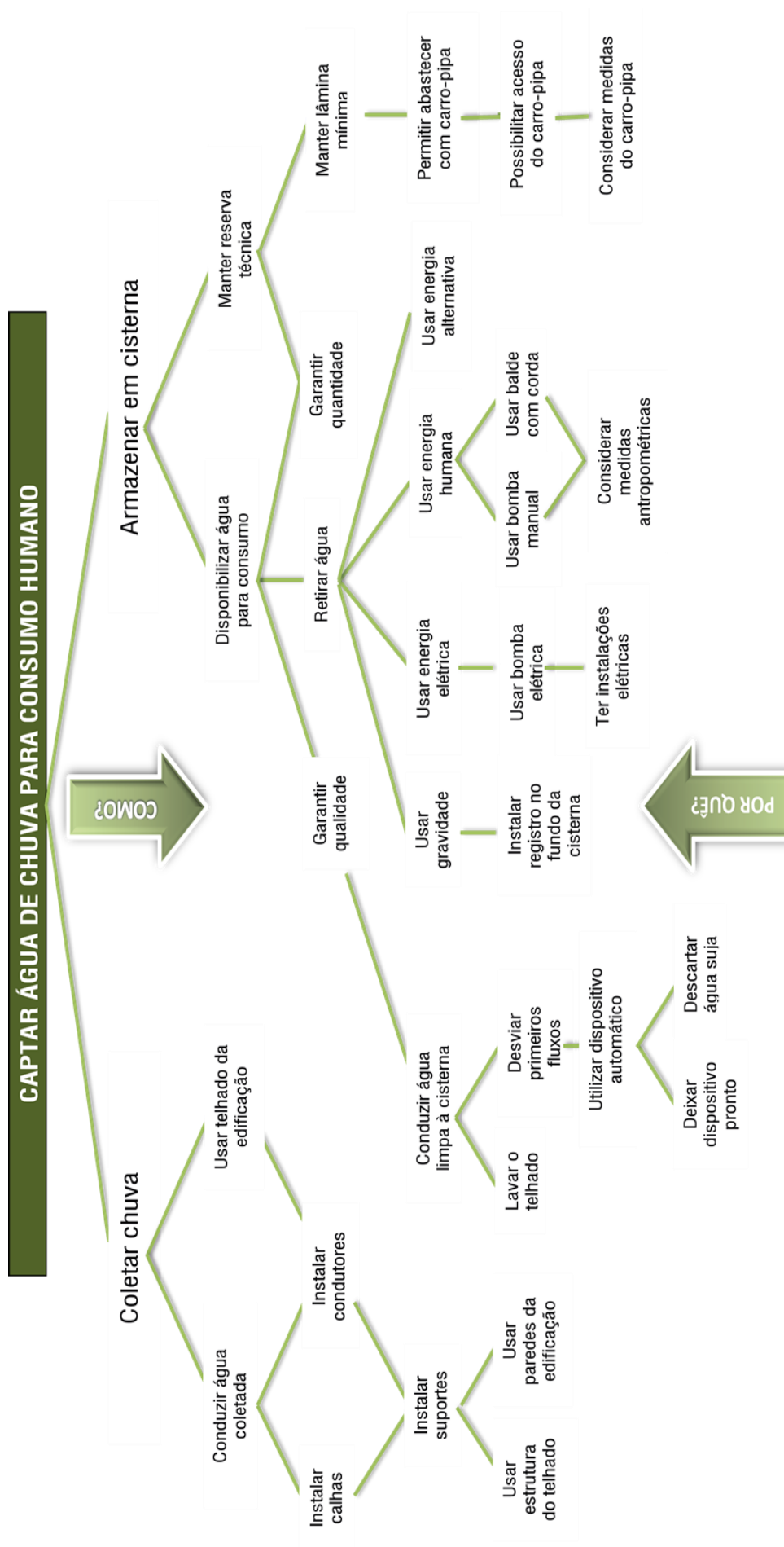


Figura 31- Árvore Funcional de um Sistema de Captação de Água de Chuva.

Analisando o arranjo, é possível verificar que, além da função **“captar água de chuva para o consumo humano”**, os SCACs desempenham outras 35 funções acessórias, dispostas em diferentes níveis e agrupadas em torno de duas funções básicas: “coletar chuva” e “armazenar em cisterna”. A função básica “coletar chuva” se relaciona diretamente com os subsistemas área de captação, calhas e condutores; já a função “armazenar em cisterna”, compreende o reservatório e os acessórios relacionados com o dispositivo de desvio de primeiros fluxos e a retirada da água da cisterna.

A finalidade da função **“coletar chuva”** é interceptar a água precipitada e conduzi-la até a cisterna por meio das calhas e condutores. O desempenho desta função está diretamente relacionado às condições da edificação, no tocante ao telhado e aos elementos de condução da água.

Desta forma, as patologias que ocorrerem nesses componentes afetarão negativamente a principal função do SCAC que é o aproveitamento da água para o consumo humano.

A função **“armazenar em cisterna”** demanda outras duas funções: “disponibilizar água para o consumo” e “manter reserva técnica”; note-se que uma é antagônica à outra, ou seja, enquanto uma se baseia na retirada, a outra se baseia na manutenção de uma lâmina mínima de água para garantir segurança física à estrutura, evitando trincas. Estabelece-se, porém, uma inter-relação entre as duas funções, de vez que só haverá disponibilidade de água se a estrutura estiver íntegra.

Outros dois aspectos que se relacionam com a disponibilização da água são a **garantia da quantidade** e a **garantia da qualidade**. Para que esta última ocorra é necessário que se conduza água limpa à cisterna, o que pode ser feito pelo desvio dos primeiros fluxos, que lavam a sujeira depositada na superfície do telhado.

Visando à qualidade da água, o SCAC deverá possuir, no mínimo, um dispositivo para desvio dos primeiros fluxos e o usuário deverá realizar limpeza periódica no telhado. Andrade Neto (2012) afirma que a perda de qualidade e a contaminação da água de chuva ocorrem, sobretudo, quando ela escoar sobre a superfície de captação, carreando a sujeira acumulada no intervalo entre duas chuvas.

O dispositivo automático desvia a primeira porção da água captada, junto com a sujeira, para um pequeno reservatório, hermeticamente fechado, conectado a um subsistema de condução que, após totalmente preenchido, deixa passar a água limpa na sequência (Xavier *et al* (2009). Entretanto, Murakami & Moruzzi (2012) alertam que “nem sempre este processo garante que a água armazenada apresente as condições mínimas de qualidade requeridas”.

Gikas & Tsihrintzis (2012) avaliaram amostras de água em SCACs localizados em áreas urbanas e rural com dispositivo de desvios das primeiras águas precipitadas e verificaram que a água coletada foi considerada satisfatória em relação aos seus parâmetros físico-químicos mas não quanto à sua qualidade sanitária.

Mendez *et al.* (2011) constataram, avaliando o impacto dos materiais de cobertura (fibra de vidro, aço galvanizado, concreto, asfalto e telhado verde) sobre a qualidade da água de chuva, que a água colhida a partir de superfícies metálicas tende a ter menores concentrações de bactérias indicadoras de contaminação fecal, em comparação com outros materiais.

Analisando ainda a Árvore de Funções, percebe-se que para atender à finalidade de disponibilizar água para o consumo humano, são consideradas quatro diferentes formas de se retirar a água da cisterna: *a)* usando a gravidade, pela instalação de um registro no fundo da cisterna, desde que esta seja elevada em relação ao nível do solo; *b)* usando energia elétrica por meio de uma bomba hidráulica; *c)* usando energia humana, podendo ser uma bomba de PVC, acionada manualmente ou um balde com corda e *d)* usando fontes alternativas, a exemplo de mecanismos acionados por energia solar ou energia eólica, entre outras.

Durante o manejo de retirada e transporte de água da cisterna, sobretudo os procedimentos manuais, devem ser tomados cuidados especiais para evitar a contaminação da água armazenada.

As operações atinentes ao abastecimento da cisterna com o uso do carro pipa são necessárias, visto que, na maioria das vezes, a água armazenada na

estação chuvosa não é suficiente para atender às demandas das famílias (TAVARES, 2009).

Cerca de 90% dos SCACs analisados têm o carro-pipa como mais uma fonte de abastecimento da cisterna; desta forma, deve-se considerar esse fato e ser previsto no projeto de implantação do sistema detalhes técnico-construtivos que possibilitem tal procedimento.

4.5. Patologias dos SCACs

Aqui são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa de campo no tocante às ocorrências patológicas investigadas nos SCACs, incluindo a descrição da patologia, por partes ou componentes, suas causas e as possíveis soluções de reparação.

4.5.1. Patologias dos telhados

As construções se degradam ao longo do tempo, segundo Lopes (2007), em virtude do surgimento de patologias decorrentes de ações mecânicas que atuam sobre as estruturas e das ações físicas, químicas e biológicas que agem sobre os materiais.

De acordo com Garcez *et al.* (2012), o telhado é o elemento mais vulnerável de uma edificação e as consequências de uma anomalia numa pequena área de cobertura são, na maioria dos casos, mais graves do que em outras partes de um edifício; logo, a identificação e a recuperação das patologias permitem, segundo Marques (2008), a ampliação do ciclo de vida da edificação.

Nos telhados dos SCACs estudados se identificaram patologias tanto na estrutura quanto nos materiais utilizados. As patologias de maior representatividade foram: PTE-1 (telhas deslocadas), em 35,3% dos telhados; PTE-10 (multiplicidade de águas, dificultando a instalação de calhas e dutos) em

19% dos casos; PTE-3 (desalinhamento de beiral) em 13% das ocorrências e em 10,6% dos casos registrou-se a PTE-6 (presença de objetos estranhos sobre o telhado).

As patologias telhas deslocadas e desalinhamento de beiral têm, como principais consequências, infiltrações de água no interior da edificação e na estrutura do telhado, que ficam expostos aos agentes atmosféricos vento e chuva, responsáveis pela degradação, influenciando negativamente nas propriedades mecânicas dos materiais e das estruturas.

As patologias registradas nos telhados analisados, tal como percentual de ocorrência de cada uma delas, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Tipo e percentual de ocorrências de patologias nos telhados dos SCACs

ITEM	TIPO DE PATOLOGIA	Percentual de ocorrência (%)
PTE-1	Telhas deslocadas	35,3
PTE-2	Ausência de telhas	4,0
PTE-3	Desalinhamento do beiral	13
PTE-4	Deformação leve da estrutura de madeira	7,5
PTE-5	Deformação severa da estrutura de madeira	5,2
PTE-6	Presença de objetos estranhos sobre o telhado	10,6
PTE-7	Desalinhamento da cumeeira	0,6
PTE-8	Telhado em comunicação parcial com a cisterna	3,0
PTE-9	Irregularidade formal, em razão do emprego de mais de um tipo de telha	1,8
PTE-10	Multiplicidade de águas, dificultando a instalação de calhas e condutores	19
TOTAL		100

Os ventos fortes e chuvas intensas, que além dos danos causados aos SCACs são responsáveis por outros problemas, como erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, prejuízos na agricultura, patologias em obras hidráulicas, entre outros, ocorrem no SAB, conforme Marengo *et al.* (2011), predominantemente nos meses de meses de janeiro a abril.

Araújo *et al.* (2008) utilizaram, avaliando a variação temporal das chuvas intensas de 1, 2, 3, 4 e 5 dias na mesma região desta pesquisa, uma série de 30 anos de dados, tendo início em janeiro de 1974 e término em dezembro de 2000. Esses autores encontraram uma contribuição de 82,9% para chuvas de

um dia; este dado evidencia a necessidade de se corrigir as patologias dos SCACs com a finalidade de evitar falhas que isolem a área de captação da cisterna por ocasião desses eventos, correndo-se o risco de se coletar água em quantidades muito inferiores às aquelas demandadas pelas famílias.

As patologias relacionadas com o deslocamento de telhas foram identificadas em mais de 45% das residências; elas têm impacto direto na redução da condução de água à cisterna, pela interrupção do escoamento. Para além disto, gera problemas de infiltração de água no interior da residência e na estrutura do telhado que, de acordo com Lopes (2007), “cria as condições propícias ao desenvolvimento de fungos xilófagos e de outras patologias responsáveis pela degradação da madeira da estrutura do telhado”.

Garcez *et al* (2012) observaram, avaliando patologias em coberturas feitas com telhas cerâmicas, dos tipos portuguesa, francesa e colonial, que mais da metade dos telhados inspecionados (56%) apresentaram anomalias associadas ao deslocamento de telhas e que essa patologia resultou de falhas no detalhamento dos projetos, de negligência durante a execução e da ausência de manutenção dos telhados.

A multiplicidade de águas, presente na maioria dos telhados pesquisados, não representa por si só uma patologia; no entanto, quando esta multiplicidade é resultado de ampliações executadas na estrutura básica da edificação, de forma desordenada sem a preocupação da captação de água de chuva, ela se constitui de arranjos desfavoráveis à instalação de calhas e condutores, e então se configura uma patologia.

Lopes (2007) afirma que é comum se executar alterações como: aberturas, cortar apoios de vigas, aumentar as sobrecargas de utilização, suprimir apoios verticais, aumentar o vão de peças etc, sem a observação de critérios técnicos, o que leva à ocorrência de patologias estruturais.

As modificações realizadas pelos moradores nas edificações, sobretudo as reformas de ampliações com a incorporação de novos cômodos, estão claramente vinculadas ao crescimento do número de pessoas da família e suas necessidades de moradia, haja vista que 70% dos usuários residem nos assentamentos há mais de 5 anos, conforme ilustrado na Figura 32, tempo suficiente para formar-se uma nova geração de moradores nesses espaços, pois

se verificou que dos 548 moradores dos assentamentos estudados, 39% são de crianças com até 10 anos de idade.

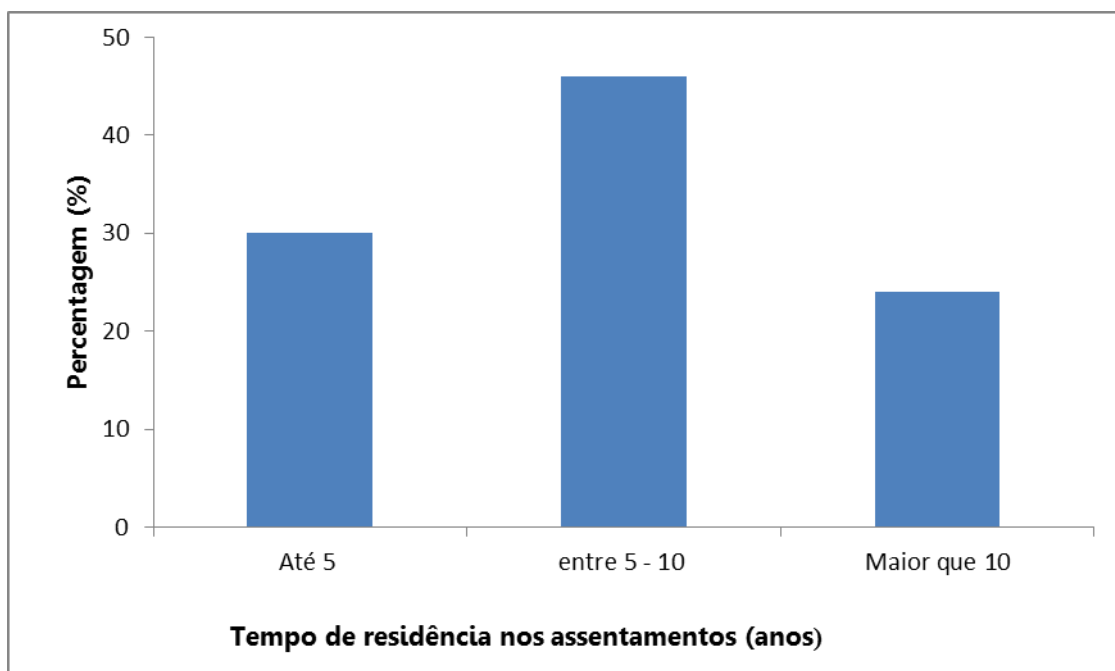


Figura 32 – Tempo de residência dos usuários dos SCACs nos assentamentos

Por se localizar na extremidade do telhado, o beiral, está sujeito a maiores solicitações em relação ao peso próprio e à ação do vento, o que propicia seu desalinhamento. Desta forma, o escoamento das águas ocorre antes ou após a calha coletora e não no seu centro, como recomendado. Para além da redução da capacidade de coletar a água coletada, o escoamento fora das calhas molham as paredes externas e provocam infiltrações; Ademais, caindo diretamente no solo provoca o arraste da terra em torno da residência, ou até mesmo da cisterna, favorecendo a desestruturação do alicerce dessas estruturas e comprometendo a condição estética da habitação.

A patologia PTE-6 (presença de objetos estranhos sobre o telhado) foi identificada em 10,6% das residências, valor que pode estar subestimado, pelo fato de que, por falta de acesso, nem sempre foi possível visualizar completamente os telhados das edificações, restando a identificação de objetos mais evidentes visualmente, como calçados, embalagens plásticas, e até mesmo uma bicicleta em estado de sucata. Além de comprometer o aspecto estético das residências, esta patologia se constitui em uma barreira ao escoamento das

águas e ao seu redor se cria um ambiente propício à acumulação de sujidades, favorecendo o desenvolvimento de colônias de bactérias que podem afetar negativamente a qualidade física, química e microbiológica da água da chuva, (EVANS, *et al*, 2006 BAGUMA, *et al*, 2010; XAVIER, 2010 e LEE, *et al*, 2012).

4.5.1.1. Técnicas de reparação e manutenção do telhado

A manutenção e a reparação englobam todas as ações técnicas e administrativas que permitem a um SCAC exercer suas funções práticas durante a vida útil. De acordo com Morgado (2012), procedimentos de manutenção são ações realizadas durante a operação de uma edificação com o objetivo de garantir seu desempenho sem qualquer deterioração de seus elementos mas preservando a utilização sustentável durante seu ciclo de vida.

Em relação ao telhado, as necessidades dessas ações têm sido cada vez mais reconhecidas, devido sobretudo ao impacto direto das patologias neste componente, comprometendo a função básica do SCAC de coletar água de chuva.

As técnicas utilizadas para esta finalidade podem ser divididas em preventivas, curativas e de manutenção. As técnicas preventivas são aqueles que, embora não lidem diretamente com a patologia, segundo Walter *et al.* (2004), podem ser necessárias para eliminar suas causas. As técnicas de cura são as que lidam diretamente com a anomalia, eliminando-a ou minimizando-a consideravelmente (GARCEZ, *et al.* 2012).

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se a necessidade de aplicação, tanto de técnicas preventivas quanto corretivas.

Em relação à patologia telhas deslocadas, deve-se proceder à fixação das telhas do beiral e da cumeeira, com argamassa de cimento, cal e areia, para evitar a movimentação desses elementos devido à ação do vento e da chuva, conforme descrito na NBR 10844 (ABNT, 1989).

Para evitar a acumulação de objetos estranhos sobre o telhado, recomenda-se sua inspeção e limpeza periódicas. Walter *et al.* (2004) sugerem

que os telhados devem passar por pelo menos uma manutenção anual para melhorar seu desempenho e ampliar o ciclo de vida. No caso de telhados destinados à captação de água de chuva, é recomendado que se faça inspeções semestrais.

4.5.2. Patologias dos elementos calhas e condutores

Verificou-se, na avaliação do subsistema de condução, o total de 27 tipos de ocorrências patológicas diferenciadas, sendo 18 relacionadas com as calhas e os respectivos suportes e 9 tipos de patologias relacionadas com os condutores e seus respectivos suportes, conforme indicado nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Tipo e percentual de ocorrências de patologias nas calhas dos SCACs

ITEM	TIPO DE PATOLOGIA	Percentual de ocorrência (%)
PCA-11	Calha descentralizada em relação ao beiral	10,6
PCA-12	Deformação da calha no sentido longitudinal	4,4
PCA-13	Deformação da calha no sentido transversal	0,8
PCA-14	Declividade muito acentuada da calha	5,2
PCA-15	Acúmulo de água ao longo da calha	0,8
PCA-16	Ausência parcial de calhas	13,4
PCA-17	Ausência total de calhas	0,3
PCA-18	Calha deformada por falta de dobras estruturais	2,5
PCA-19	Calha retorcida no sentido transversal	1,9
PCA-20	Extremidade da calha fechada com material inadequado	1,9
PCA-21	Objetos estranhos no leito da calha	1,1
PCA-22	Calhas cruzando o interior da edificação	0,8
PCA-23	Calhas sem comunicação com a cisterna	5,4
PCA-24	Calhas oscilando à ação do vento	2,7
PCA-25	Demasiadamente afastada do beiral	9,3
PCA-26	Rincão mal solucionado	6,8
PCA-27	Presença de pontos de oxidação na calha	1,4
PCA-28	Fixação inadequada /suportes improvisados	30,8
TOTAL		100

O maior percentual de ocorrência com as calhas foi a patologia PCA-28, relacionada com a maneira inadequada de fixação desses componentes ao

telhado, representando 30,8% das patologias neste componente, como se observa na tabela 2.

Verificou-se alta frequência de descaso com os suportes, ilustrados pelas soluções improvisadas, como amarração da calha ao beiral por meio de arames ou cordas, ou outras tantas improvisações. Essas improvisações acarretam, entre outros problemas, o desprendimento desses importantes componentes e, em contrapartida, a impossibilidade da condução da água captada no telhado. MWAMI (1999) afirma que a calha é o elo fraco no desempenho do sistema e que os problemas variam da falta de manutenção às falhas na concepção e instalação deste elemento.

Observa-se ainda, na Tabela 2, o elevado percentual de ocorrência das patologias “ausência parcial de calhas”; “calhas demasiadamente afastadas do beiral” e “calhas sem comunicação com a cisterna” alcançando os valores de 13,4; 9,3 e 5,4% respectivamente. Esses resultados estão de acordo com o que constataram CAVALCANTI *et al* (2002), em pesquisa realizada no Semiárido pernambucano, na qual concluíram que em cerca de 42% das residências pesquisadas parte da água não foi captada, pois não dispunham de calhas em condições adequadas para conduzir a água da área de captação até o reservatório.

Observou-se, por ocasião da pesquisa, baixo índice no volume de água de chuva armazenada nas cisternas, de vez que em apenas 12% dos SCACs a origem da água nas cisternas era exclusivamente de chuva. Nestes sistemas não foi registrada a ocorrência das patologias PCA-25, PCA-23, confirmando a relação do componente ‘calha’ com a função básica dos SCACs – captação plena da água de chuva. Embora tenha sido registrada a patologia PCA-11, não foi verificada ocorrência de afastamento excessivo da calha em relação ao beiral, o que leva a se supor que, embora não centralizadas, as calhas realizaram a coleta do escoamento, em virtude da proximidade deste componente com o beiral.

Constatou-se, avaliando a relação entre a variável ‘origem da água na cisterna’ (chuva, carro-pipa e chuva + carro pipa) e a ocorrência ou não da patologia ‘ausência parcial de calhas’ por meio do teste de qui-quadrado, uma relação de dependência entre essas variáveis. Esse resultado reforça a

necessidade de se tomar medidas para corrigir esta patologia e, assim, viabilizar o desempenho pleno do sistema para atender às demandas de consumo de água para abastecimento humano das famílias que habitam o espaço rural do Semiárido.

Na Tabela 3 verifica-se que a patologia PCO-36 (fixação inadequada dos condutores) foi a mais ocorrente nos três assentamentos, especialmente com suportes improvisados; nesta situação, os condutores ficam vulneráveis aos desprendimentos, com consequência na interrupção do processo de condução da água captada, sua função principal. Em seguida, surgem as patologias PCO-32 e PCO-33 com 14,6 e 13,9 % respectivamente, ambas resultantes de layouts de instalação inadequados. Essas patologias, além de obstruir o tráfego de pessoas em trono da residência por seus arranjos desordenados, comprometem esteticamente a edificação.

Tabela 3 - Tipo e percentual de ocorrências de patologias nos condutores dos SCACs

ITEM	TIPO DE PATOLOGIA	Percentual de ocorrência %
PCO-29	Ausência parcial de condutores	2,6
PCO-30	Ausência total de condutores	3,3
PCO-31	Condutor cruzando o interior da edificação	4,0
PCO-32	Condutor cruzando janela ou porta da edificação	14,6
PCO-33	Condutores obstruindo tráfego de pessoas	13,9
PCO-34	Condutor quebrado	1,3
PCO-35	Condutor com conexões avariadas	2,0
PCO-36	Fixação inadequada dos condutores / suportes improvisados	54,3
PCO-37	Avaria na transição calha/condutor	4,0
TOTAL		100

4.5.2.1. Técnicas de reparação e manutenção das calhas

Considerando os resultados das ocorrências patológicas, apresentam-se algumas ações corretivas.

Para a patologia PCA-28 deve-se fazer uso de suportes eficientes, ficando entendido que esta eficiência é traduzida no atendimento das funções de promover a declividade da calha, adequada ao pleno escoamento, possibilitando ainda sua imobilização e, desta forma, impedindo a sua oscilação e o desprendimento, conforme orientações da NBR 10844.

Meira Filho (2004) apresenta como ação preventiva a esta patologia, arranjos arquitetônicos de telhados que permitem a eliminação dos suportes das calhas, sendo esses elementos apoiados diretamente sobre o madeiramento da cobertura, situação na qual a declividade necessária no beiral para o escoamento da água deve ser implementada na estrutura do madeiramento ou se desnivelando o pé direito da construção na etapa da alvenaria, com caimento em torno de 1%.

Em relação à patologia 'ausência parcial de calhas' e 'calhas sem comunicação com a cisterna', recomenda-se a imediata instalação dos elementos faltantes; para isto, um desenho mais eficiente do perfil a ser adotado deve ser observado.

Na pesquisa, se percebeu que existe uma relação entre as patologias ocorrentes nas calhas e o número de dobras realizadas na chapa metálica no processo de fabricação deste componente. O perfil de dobra que mais apresentou anomalias foi o de número 6, que é de desenho mais simples, conformado com apenas duas dobras.

A chapa de aço galvanizado, de uso generalizado na confecção das calhas, é um dos materiais recomendados pela NBR 10844 para esta finalidade e se apresenta como um produto de boa relação custo benefício (ABNT, 1989).

A patologia PCA-11, de modo geral, decorrente da maneira deficiente de como as calhas são anexadas ao beiral e do uso de suportes inadequados, é situação que permite a movimentação desses elementos, que passam a assumir posições indesejadas, afetando negativamente o desempenho dos SCACS; logo, é necessária a correção da fixação das calhas adotando-se os mesmos procedimentos indicados para correção da patologia PCA-28.

Em relação às ações de manutenção deste subsistema, a NBR 15527 de 2007 define que a realização deste procedimento deve ter frequência semestral.

4.5.2.2. Técnicas de reparação e manutenção dos condutores

De acordo com os resultados da pesquisa, as ocorrências patológicas nos condutores demandam a instalação de suportes eficientes que evitem o desprendimento dos tubos e a consequente interrupção da condução da água captada. Recomenda-se ainda que seja usada a estrutura da edificação para ancorar os tubos condutores a fim de que não fiquem soltos com possibilidade de oscilação e desprendimento, o que, inclusive, poderá resultar em quebra desses elementos por eventuais quedas e consequente choque com o solo.

Quanto às patologias PCO-32 e PCO-33, recomenda-se adotar um arranjo na distribuição dos tubos condutores, de modo a evitar que estes cruzem passagens de pessoas ou animais; pode-se, por exemplo, conduzi-los enterrados até a cisterna, para que fiquem também protegidos do sol.

4.5.3. Patologias das cisternas

Os 27 tipos de ocorrências patológicas identificadas nas cisternas e o percentual de ocorrência de cada uma das patologias são apresentados na Tabela 4. As anomalias mais frequentes foram PCI-41 (porta de visita construída com material inadequado), presente em 14,6 % das cisternas analisadas; PCI-38 (fissuras no corpo da cisterna) ocorrente em 12,8% dos reservatórios;

As patologias PCI-40 (vazamentos de água) e PCI-39 (trincas no corpo da cisterna) ocorreram em 12,5 e 7,2% das cisternas, respectivamente

A patologia PCI-60 (sujidades aparentes na água armazenada) ocorreu em 5,6% dos SCACs avaliados.

Analisando a relação entre as patologias PCI-1 e PCI-3, por meio do teste de Pearson qui-quadrado, constatou-se dependência entre estas variáveis; entretanto, não se verificou relação entre as variáveis PCI-39 e PCI-40; este resultado pode ser explicado pelo fato de ter sido registrada a maioria das trincas na parte superior da cisterna, em geral, acima do nível da água armazenada.

Tabela 4: Tipo e percentual de ocorrências de patologias nas cisternas dos SCACs

ITEM	TIPO DE PATOLOGIA	Percentual de ocorrência (%)
PCI-38	Ocorrência de fissuras no corpo	12,8
PCI-39	Ocorrência de trincas no corpo	7,2
PCI-40	Ocorrência de vazamento de água	12,5
PCI-41	Porta de visita construída com material inadequado	14,6
PCI-42	Ausência de porta de visita na cisterna	3,1
PCI-43	Porta de visita avariada	3,8
PCI-44	Ferragem exposta no corpo externo da cisterna	2,3
PCI-45	Ferragem exposta no vão da porta de visita	2,3
PCI-46	Extravasador ausente	1,3
PCI-47	Extravasador destampado	1,0
PCI-48	Extravasador quebrado	1,8
PCI-49	Ocorrência de rachadura entre a laje de cobertura e a cisterna	4,9
PCI-50	Acúmulo de água da chuva sobre laje de cobertura	2,8
PCI-51	Altura excessiva, impedindo acesso do carro-pipa	0,3
PCI-52	Cisterna totalmente vazia	0,5
PCI-53	Ferragem exposta no vigamento da laje de cobertura	5,4
PCI-54	Acúmulo de água da chuva sobre laje de cobertura	0,8
PCI-55	Laje de cobertura severamente avariada	1,0
PCI-56	Laje de cobertura com ferragem à mostra	2,8
PCI-57	Trincas na laje de cobertura	1,3
PCI-58	Afundamento da laje de cobertura	1,5
PCI-59	Reboco externo inicia acima do nível do solo, por abatimento deste.	2,6
PCI-60	Sujidades aparentes na água armazenada	5,6
PCI-61	Presença de objetos estranhos sobre a laje de cobertura	4,1
PCI-62	Presença de pequenos animais ou insetos no interior da cisterna	1,3
PCI-63	Bomba manual com baixo desempenho	0,8
PCI-64	Esgoto a céu aberto próximo à cisterna	1,8
	TOTAL	100

De acordo com Vale (2008), a fissura é uma das principais patologias incidentes nas construções, pode ser entendida, segundo Lordsleem Júnior (2010), como a manifestação patológica resultante do alívio das tensões entre as partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos em contato. No caso

dos SCACs, esta patologia, além de comprometer os aspectos estéticos, se constitui num caminho à infiltração da água de chuva armazenada, promovendo a deterioração precoce da estrutura da cisterna, além da fuga da água armazenada, trazendo transtorno aos seus usuários.

Issa & Debs (2007) indicam que a importância da fissura depende do tipo de estrutura e da natureza da quebra; por exemplo, fissuras aceitáveis para edifícios podem não ser toleradas em estruturas de retenção de água. Lordsleein Júnior (2010) afirma que, na maioria dos casos, as fissuras consideradas prejudiciais não são as que se relacionam com a estabilidade da edificação mas sim as que permitem a penetração de água e que trazem prejuízos aos requisitos advindos das exigências dos usuários de ordem psicossocial, estética, temor pela segurança etc. No caso dos SCACs, os usuários correm o risco de perder a água armazenada na cisterna, usualmente a única fonte de abastecimento da família.

Por meio do teste de qui-quadrado e considerando os dados obtidos, constatou-se que não existe relação de dependência entre a patologia PCI-42 (ausência de porta de visita) e a patologia PCI-60 (sujidades no interior da cisterna). Este resultado pode ser explicado pelo fato de que as sujidades presentes na água armazenada podem ter sido carreadas do telhado ou das calhas para o interior das cisternas ou, ainda, trazidas pelo carro-pipa.

4.5.3.1. Técnicas de reparação e manutenção de cisternas

De acordo com Dorea (2010) o elemento que mais provoca alterações e falhas numa estrutura é a água, devido não apenas à sua capacidade de dissolver substâncias e participar de reações químicas, mas também por ser um veículo capaz de transportar sedimentos e outros materiais. Observa-se, então, que a cisterna é um tipo de construção que requer cuidados especiais, visto que se encontra em permanente contato com a água.

Segundo Righi (2009), a solução recomendada para os casos de vazamentos em reservatórios é refazer toda a impermeabilização pois, somente

assim, se garante o sucesso do processo. A impermeabilização tem a importante função de proteger a cisterna, de modo a evitar a fuga da água e a degradação da estrutura. O sistema de impermeabilização deve seguir a norma NBR 12170/2009 - Potabilidade da água aplicável em sistemas de impermeabilização.

A área de aplicação da impermeabilização deve ser analisada, segundo Righi (2010), considerando-se os elementos da construção, sujeitos a alterações dimensionais, provenientes do aquecimento e do resfriamento ou a recalques e movimentos estruturais, devido à força hidrostática exercida pela água sobre a impermeabilização, em caixas d'água, piscinas e, nos caso dos SCACs, na cisterna.

Issa & Debs (2007) explicam que o uso inadequado dos sistemas de recuperação de fissuras tem, como resultado e não raras vezes, casos de reincidência da patologia e, conseqüentemente, o descrédito dos usuários quanto à eficiência dos sistemas de recuperação empregados.

Em relação às ações corretivas das patologias "porta de visita construída com material inadequado" e "porta de visita ausente" indica-se a adoção do modelo empregado atualmente pelo programa P1MC, que consiste em uma porta confeccionada em chapa de alumínio, estruturada por cantoneira em L de aço, com dobradiças chumbadas na estrutura da cisterna. Este modelo, além de ser confeccionado com material resistente a intempéries, é leve e de fácil manuseio e garante boa vedação do reservatório.

Quanto à manutenção da limpeza, os reservatórios devem ser lavados e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626 de 1998.

Segundo os dados da pesquisa, 9% dos entrevistados não realizam limpeza periódica, como determina a mencionada norma. Dos 91% que a fazem, 19% não empregam quaisquer produtos saneantes.

Também se verificou, em algumas cisternas, a presença de pequenos peixes, a exemplo da piaba, criados com o objetivo de controle de larvas de insetos.

A proteção da água armazenada na cisterna contra a incidência direta da luz solar e do calor, e de pequenos animais que adentrem o reservatório, deve

ser feita adotando-se o modelo de porta de visita que vede plenamente a cisterna como o modelo adotado pelo Programa P1MC, ilustrado na Figura 33, o qual foi notificado em apenas 3% dos sistemas pesquisados.



Figura 33 – Modelo de porta de visita em chapa de alumínio empregado nas cisternas construídas pelo P1MC.

Outra medida importante recomendada pela NBR 15527 ABNT (2007), é que se use uma proteção telada no extravasor, de modo a impedir a entrada desses agentes indesejados e que permita a aeração e a extravasão da captação excedente.

A patologia “presença de objetos estranhos sobre a laje de cobertura”, para além do comprometimento do aspecto estético da cisterna, se constitui em risco de contaminação da água armazenada, especialmente no caso das cisternas cujas lajes planas se apresentam fletidas, acumulando água da chuva na depressão decorrente. Desta forma, caso hajam fissuras e trincas na laje ou problemas com a porta de visita, a água acumulada flui para o interior da cisterna, carreando sujidades.

4.6. Catálogo das patologias

A finalidade principal deste catálogo é contribuir para a identificação fácil, precisa e inequívoca de patologias estruturais em Sistemas de Captação de Água de Chuva implantados no espaço rural do Semiárido. As patologias foram organizadas em três grupos: patologias dos telhados; patologias do subsistema de condução e patologias das cisternas e são descritas de forma objetiva, complementada com imagens produzidas neste estudo.

4.6.1. Identificação das patologias dos telhados

Os telhados residenciais que sevem de área de captação aos SCACs são construídos de maneira simples, empregando-se telhas cerâmicas tipo colonial, ou capa e canal, geralmente fabricadas em olarias da região.

As telhas se apoiam em uma trama de madeira composta de vigas, caibros e ripas. O vigeamento de madeira se constitui em terças que se apoiam em pontaltes que por sua vez usam as paredes da edificação como apoio. De modo geral, são configurados em duas, três ou quatro águas, em cujos beirais são fixadas calhas coletoras de chuva.

São ilustradas e comentadas a seguir, as principais patologias identificadas nos telhados pesquisados.

Telhas deslocadas

Propiciam a interrupção do escoamento e favorecem problemas de infiltração, criando condições propícias à degradação da madeira.



Ausência de telhas

Propicia a interrupção do escoamento e favorece problemas de infiltração, criando condições propícias à degradação da madeira.



Desalinhamento do beiral

Causa desperdício de água pela queda do escoamento fora da calha.



Afundamento da estrutura do telhado

Esta patologia favorece a ocorrência de outras patologias como, por exemplo, deslocamento de telhas e irregularidade dos beirais. Sua origem é principalmente o sub dimensionamento da madeira utilizada.



Presença de objetos estranhos sobre o telhado

Além de atrapalhar o escoamento, essas sujidades propiciam o desenvolvimento de colônias de fungos e bactérias, refletindo na qualidade da água armazenada.



Multiplicidade de águas do telhado, de forma desordenada

Pode dar origem a uma série de patologias, como dificuldade de manutenção e, sobretudo, dificultando o layout de instalação das calhas e condutores, refletindo na quantidade de água captada.



4.6.2. Identificação das patologias do subsistema de condução

O subsistema de condução é constituído de: calhas; condutores verticais e horizontais; e dispositivo de desvio de primeiros fluxos (DDPF). Além desses componentes, são abordados, aqui, os suportes e respectivos layouts de instalação. De modo geral, os SCACs pesquisados adotam calhas confeccionadas em chapa de aço galvanizado, com espessura de 0,5 mm, dobradas no sentido longitudinal, com padrão de dobra planejado para aproveitar integralmente a largura de uma chapa de 30 cm.

São ilustradas e comentadas a seguir, as principais patologias identificadas nos subsistemas de condução pesquisados.

Calha descentralizada em relação ao beiral

Propicia o deságue do escoamento do telhado fora da calha, sobretudo em eventos de chuvas intensas, fazendo com que a água captada não chegue à cisterna.



Fixação das calhas de forma inadequada

Soluções improvisadas favorecem a movimentação desses componentes por ação de ventos e chuvas fortes, ensejando desprendimentos.



Deformação da calha no sentido longitudinal

Motivada principalmente pela falta de dobras estruturais na borda da calha, pode ter relação com suportes inadequados.



Acúmulo de água na calha

Tem origem no mau posicionamento da calha em relação à declividade requerida no escoamento.



Calha posicionada de forma muito afastada do beiral

Provoca desperdício de água por ocasião de chuvas intensas, pois inevitavelmente a chuva cai fora da calha.



Pontos de oxidação na calha

Esta patologia se origina no acúmulo de água na calha, provocado geralmente por caimento insatisfatório ao escoamento total do líquido; contribui também o arraste de areia através da calha, proveniente do telhado sujo, ferindo a camada protetora da chapa galvanizada.



Fixação dos condutores de forma inadequada

Soluções improvisadas favorecem a movimentação desses componentes por ação de ventos e chuvas fortes, provocando eventuais desprendimentos.



Condutores cruzando portas ou janelas

O layout inadequado de instalação dos condutores, cruzando portas ou janelas, resulta em obstáculo físico, além de se constituir em ruído estético na edificação.



Condutores sem comunicação com a cisterna

A prática de desconectar os condutores da cisterna, a fim de desviar os primeiros fluxos que carregam sujeira do telhado, ocasiona a perda da oportunidade de armazenamento da água de chuva captada.



Condutores com suportes inadequados

A instalação dos condutores pela parte aérea requer suportes; geralmente esses suportes são improvisados com estacas de madeira em forma de forquilha, solução ineficiente, pois ficam vulneráveis aos desprendimentos. Além disso, acabam por se tornar obstáculos ao tráfego de pessoas.



Descolamento na transição calha/condutor

Esta patologia é ocasionada pela falta de um bocal de descida, soldado na calha e que deve ser encaixado no condutor vertical. Esta junção feita diretamente, apenas com massa epóxi, não oferece resistência mecânica e se quebra facilmente.



Fechamento da extremidade da calha com material inadequado

A extremidade da calha deve ser fechada por meio de dobras e sem cortes para não provocar vazamentos. O uso da madeira para tal fim não é recomendado, pois este material tem fácil degradação quando exposto às intempéries.



4.6.3. Identificação das patologias das cisternas de alvenaria

As cisternas aqui tratadas têm forma cilíndrica e apresentam os seguintes componentes: a) corpo, construído em alvenaria de placas de concreto ou de blocos cerâmicos vazados ou maciços; b) laje de cobertura, construída por meio de placas de concreto ou blocos cerâmicos pré-moldados, em ambos os casos, apoiada em duas vigas de concreto armado; c) porta de visita, construída originalmente em concreto armado; d) extravasor confeccionado em tubo de PVC rígido, com diâmetro de 75 mm.

São ilustradas e comentadas, a seguir, as principais patologias identificadas nas cisternas pesquisadas.

Porta de visita avariada

Com o uso contínuo e após vários choques mecânicos pela dificuldade de manuseio decorrente do peso elevado, a porta de visita construída em concreto armado vai, aos poucos, se quebrando, deixando de cumprir a função de vedar a cisterna.



Porta de visita confeccionada em material inadequado

A porta de visita construída em material degradável, a exemplo da madeira desprotegida, deixa vulnerável a vedação da cisterna, pois se degrada pela exposição às intempéries.



Fissuras e trincas no corpo da cisterna

Podem dar origem a vazamentos e provocar avarias mais severas na alvenaria.



Trincas entre a laje de cobertura e o corpo da cisterna

Propicia a entrada de pequenos animais na cisterna, favorecendo perda de qualidade da água armazenada.



Trincas entre as placas da laje de cobertura da cisterna

Propiciam a infiltração de água suja na cisterna, além da entrada de pequenos animais, ocasionando perda de qualidade da água armazenada.



Fissuras no reboco interno da cisterna

Podem dar origem a vazamentos e provocar avarias mais severas na alvenaria.



Vazamento da água armazenada

Provocado pela evolução das fissuras internas.



Presença de insetos e pequenos animais no interior da cisterna

Ocasionada pela falha na vedação da cisterna, esta patologia contribui para a perda de qualidade da água armazenada.



Sujidades aparentes na água armazenada

Ocasionadas pela falha no sistema de pré-filtragem da água ou no de vedação da cisterna; contribuem para a perda de qualidade da água armazenada.



Objetos entulhados sobre a laje de cobertura

Por ser plana, a laje de cobertura se constitui em bom lugar para o acúmulo indevido de objetos, muitos dos quais sucatas contaminantes.



Água de chuva acumulada sobre a laje de cobertura da cisterna

O abatimento da laje de cobertura plana propicia o acúmulo de água da chuva; caso ajam trincas ou fissuras, essa água se infiltra, junto com sujidades, no interior da cisterna. Além de causar perda de qualidade da água, a infiltração compromete a estrutura da laje.



Ferragem exposta no vigamento da laje de cobertura

Patologia originada principalmente por falha no processo de moldagem da viga, cuja estrutura metálica não foi devidamente coberta pelo concreto, ficando exposta e sujeita à oxidação, causando perda de resistência mecânica da viga.



Abatimento do solo em torno da cisterna

O abatimento do solo pode deixar a parte da alvenaria exposta, caso o reboco externo da cisterna tenha sido feito apenas do nível do solo para cima e não desde a laje de fundo, como recomendado.



Extravasor quebrado

Esta irregularidade dificulta a vedação da boca do extravasor, o que propicia a entrada de pequenos animais (lagartos, aranhas, ratos, cobras etc.) no interior da cisterna.



Proximidade de árvores com a cisterna

A presença de árvores a uma proximidade de menos de 8 metros da cisterna pode trazer problemas de trincas no corpo da cisterna, pela ação de raízes na busca da água.



Destacamento do reboco externo

É provocado principalmente pela falta de aderência entre o reboco e a alvenaria, por falhas no processo de fabricação.

Pode desencadear novas patologias pois deixa a estrutura desprotegida e mecanicamente sobrecarregada.



Esgoto a céu aberto passando próximo à cisterna

Em caso de fissuras no corpo da cisterna, a infiltração de esgoto contamina a água armazenada.



5. CONCLUSÕES

1. As famílias usuárias dos SCACs pesquisados têm condição socioeconômica limitada; a grande maioria tem baixo grau de escolaridade, com significativa dependência financeira de aposentadorias e programas assistencialistas governamentais.
2. A metodologia utilizada na análise funcional e na avaliação pós-uso dos SCACs, permitiu sistematizar as funções práticas deste produto e registrar e elaborar um catálogo ilustrado e descritivo das patologias mais ocorrentes nos sistemas pesquisados.
3. Verificou-se que a função principal dos SCACs (captar água de chuva) não é atendida satisfatoriamente, de vez que 88% das cisternas pesquisadas dependem de abastecimento por carro pipa.
4. Observou-se perda potencial de 20% na função coletar água de chuva, visto que os telhados pesquisados apresentaram área média de $104,76\text{m}^2$, porém a área média efetivamente contribuinte é de $84,44\text{m}^2$, fato decorrente da ausência de calhas coletoras em determinados trechos do telhado.
5. O desvio dos primeiros fluxos é praticado em 84% dos SCACs pesquisados, porém de forma inadequada, pois se realiza de forma não automática, desconectando-se os tubos condutores da cisterna.
6. Em 89% dos casos a função retirar água é realizada de forma manual, por meio de balde com corda; 9% utilizam bomba elétrica e apenas 2% fazem uso de bomba manual, confeccionada em tubo de PVC.
7. Nos 132 SCACs pesquisados foram notificadas 1203 ocorrências patológicas, de 65 diferentes tipos, que incluem desde o “deslocamento de telhas”, com ocorrência em cerca de 35% das residências, a

inadequações no subsistema de condução, ocorrentes em cerca de 54% casos.

8. Verificou-se relação de dependência entre a patologia “ausência parcial de calhas” e a origem da água armazenada (chuva, carro-pipa e chuva + carro-pipa), ou seja, quanto maior a ocorrência da patologia, maior também a dependência da cisterna no abastecimento por carro-pipa.
9. As patologias mais frequentes nas cisternas pesquisadas foram “porta de visita construída com material inadequado”; “ocorrência de fissuras” e “ocorrência de vazamento de água”; verificou-se relação de dependência entre as duas últimas patologias.
10. Na correção das patologias devem ser aplicadas técnicas preventivas e corretivas.

6. SUGESTÕES

Sugere-se, para novos trabalhos, a identificação das oportunidades de projeto no sistema de captação de água de chuva, em vários campos: design, arquitetura e engenharias, entre outras, com a incorporação de novas tecnologias e metodologias, no sentido do aperfeiçoamento e da simplificação construtiva e de uso desse importante aparato.

O alto índice de vazamentos encontrados nas cisternas pesquisadas indica a oportunidade de projeto desses reservatórios fundado na otimização da estanqueidade da água armazenada.

Os telhados das residências do espaço rural do SAB devem ser pensados de modo que sua configuração contemple a captação da chuva.

Os subsistemas de condução necessitam de aperfeiçoamento, sobretudo na maneira de fixar calhas e condutores.

São necessários o desenvolvimento de eficientes dispositivos de desvios automáticos de primeiros fluxos e a incorporação desses aparatos aos sistemas instalados, a fim de controlar a qualidade da água armazenada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. 2007.

--- NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais. 1989.

ANA - Agência Nacional de Águas. Conservação e reúso da água em edificações. São Paulo: Prol, 2005. 152 p.

ANDRADE NETO, C. O de. O descarte das primeiras águas e a qualidade da água de chuva. In: 8º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. Campina Grande, PB. **Anais**ABCMAC. 2012.

ANDRADE NETO, C O de. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Natal, Brasil. **Anais...** Natal: ABES/APESB/APRH. 2004

ARAÚJO, L. E. SOUSA, F. A. S.; RIBEIRO, M. A. F. M.; MEDEIROS, P. C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.23, n.2, p. 162-169. 2008.

ASA – Articulação do semi-árido. Disponível em: <http://www.asabrasil.org.br>. Acesso em outubro de 2013.

ASSIS, T.R.P: Sociedade Civil, Estado e Políticas Públicas: reflexões a partir do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) no Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: UFRJ . **Tese de doutorado**. 2009. 159 p.

BAGUMA, D.; LOISKANDL, W.; DARNHOFER, I.; JUNG, H. HAUSER, M. Knowledge of measures to safeguard harvested rainwater quality in rural domestic households. **Journal of Water and Health**, v.8, n.2 p. 334-345. 2010.

BAXTER, M : Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. tradução Itiro lida. – 3. Ed. – São Paulo: Blucher. 2011. 342p.

BAXTER, D.; GAO, J. CASE, K.; HARDING, J; YOUNG, B.; COCHRANE, S. A framework to integrate design knowledge reuse and requirements management in engineering design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing** v.24 p. 585–593. 2008.

BERTOLO, E. J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. Porto: FEUP, 2006. 204p. Dissertação de Mestrado.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Relatório de avaliação de programa : Ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água / Tribunal de Contas da

União. Brasília : TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006. 129 p.

BRITO, L.T. L., MOURA, M. S. B., GAMA, G. F. B.: Potencialidades da água de chuva no Semi-árido brasileiro. Embrapa Semiárido, Petrolina, PE: 2007. 181 p.

BRITO, L.T. L. PROTO, A. S SOUZA SILVA, D'ALVA, O. A. Avaliação técnica do programa cisternas no semi-árido brasileiro In: Brasil. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Avaliação de políticas e programas do MDS. Brasília, DF: MDS; SAGI, 2007.412 p. Cap. 5, p. 199-236.

BRITO, L.T. L. PROTO, E.R., SILVA, A. S. GNADLINGER, J., XENOFONTE, G.H.S.: Análise da qualidade das águas de cisternas em cinco municípios do semi-árido brasileiro. In: Congresso brasileiro de agroecologia, 3.; seminário estadual de agroecologia, 3., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABA, 2005.

BURSZTYN, M. ; CHACON, S.S.; Ligações perigosas: proteção social e clientelismo no Semiárido Nordeste. **Estudos Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, 2011. P. 30-61.2011.

CAMELO, A. Durabilidade e vida útil das Estruturas hidráulicas de betão e de betão armado. In: 1as Jornadas de Materiais na construção. Universidade do Porto. P. 149-169. 2011.

CAMPOS, L .F. DE A.; LANUTTI, J.N. L.; PASCHOARELLI, L. C. Product Functions: Interfaces with Ergonomic Design. **Work** . v. 41.p.960 -963. 2012.

CARVALHO JÚNIOR. ROBERTO DE: Patologias em sistemas prediais hidráulico-sanitários. São Paulo: Blucher, 2013.

CARVALHO, L. D. Resignificação e reapropriação social da natureza: Práticas e Programas de „Convivência com o Semiárido” no Território de Juazeiro – Bahia. Sergipe: UFS, 2010. 342p. Tese de Doutorado.

CARVALHO, L. D. Uso social da água no p1mc: conquistas e conflitos na elaboração de novas territorialidades no semiárido brasileiro. In: I Seminário nacional de geoecologia e planejamento territorial e IV seminário de GEOPLAN. UFSE. **Anais ...** Sergipe: GEOPLAN, 2012.

CAVALCANTI, N. B. Efeito do escoamento da água de chuva em diferentes coberturas. **Engenharia Ambiental**, v. 7, n. 4, p.201-210. 2010.

CEBALLOS, B. S.O – Melhoramentos tecnológicos e educação ambiental para a sustentabilidade dos projetos de armazenamento de água de chuva no nordeste semi-árido. 2007. Relatório técnico de pesquisa. 70p.

CIRILO, J. A.: Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**. v. 22 n.63 São Paulo 2008. P. 61-82.

DANTAS, M. S.; GALVÃO, C. O.; NÓBREGA, R. L. B. Vulnerabilidade de cisternas rurais sob clima atual e futuro: Análise de três casos na Paraíba. In: 8º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. 2012. **Anais....**Campina Grande, PB.

DU, Y.; CAO, H.; CHEN, X.; WANG, B. Reuse-oriented redesign method of used products based on axiomatic design theory and QFD. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 79-86. 2013.

DÓREA, S. C. L. ; SANTOS, D. DE G.; SALES, A. T. C.; SILVEIRA P. M. D. Avaliação patológica da estrutura de concreto armado e dos componentes de uma edificação construída em 1914. **Scientia plena**, v. 6, n. 12, p.1-13, 2010.

DUL, J: Ergonomia prática / Jan Dul, Bernard Weerdmeester; tradutor Itiro lida – 3.ª ed. – São Paulo: Blucher, 2012.

EVANS, C. A.; P.J. COOMBES, P. J.; R.H. DUNSTAN; R. H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. **Water Research**. v. 40. 2006. p.37– 44. 2006.

FONTES, A. S. Estudo da evaporação em reservatórios situados em região semi-árida: uso de bacia experimental. Salvador: UFBA. 2005. 147 p. Dissertação Mestrado.

FUNASA 2012. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site>. Acesso em 03 de outubro de 2013.

GARCEZ, N. LOPES; N. DE BRITO, J., SÁ,G: Pathology, diagnosis and repair of pitched roofs with ceramic tiles: Statistical characterisation and lessons learned from inspections . **Construction and Building Materials** . v.36. p. 807–819. 2012.

GARCEZ, N. LOPES; N. DE BRITO, J. ; SILVESTRE, J.: System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs. **Construction and Building Materials** . v.35. p. 1034-1044. 2012.

GEOVANE VENTURINI RIGHI, G. V.: Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – análise de casos. Santa Maria, RS: UFSM. Dissertação de mestrado. 95 p. 2009.

GIL, A. C . Métodos e técnicas de pesquisa social.. - 6. ed. - São Paulo : editora Atlas , 2008. 220p.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R.W.: Potential for potable water savings by using rainwater : an analysis over 62 cities in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 41, p. 204-210, 2006.

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: Fórum mundial da água, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Holanda: 2000. Disponível em: < <http://www.irpaa.org/colheita> >. Acesso em: Abril 2010.

GNADLINGER, J. Técnicas de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semiárido brasileiro Anais da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva. Petrolina, PE - 6 a 9 de Julho de 1999.

Guia de Instalação cisterna Aqualimp (2010). Disponível em: <http://www.acqualimp.com>. Acesso em 20 de novembro de 2012.

HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da Viabilidade de sua captação e uso. Santa Maria: UFSM, 2009. 141p. Dissertação de Mestrado.

HELENE, P. R. L. Manual par reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto, PINI, São Paulo, 1992.

INSA – Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. Campina Grande: INSA 2012. 103 p.

ISSA, C. A.; DEBS, P. Experimental study of epoxy repairing of cracks in concrete. **Construction and Building Materials**. V.21 p.157–163. 2007.

JALFIM, F.T. Considerações sobre a viabilidade técnica e social da Captação e armazenamento da água da chuva em Cisternas rurais na região semiárida brasileira.; 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semiárido; Campina Grande, PB; 2001.

JINWEI QIAO, J.; SHANG, J. Application of axiomatic design method in in-pipe robot design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing** v. 29 p. 49–57. 2013.

LIMA, J.A.; DAMBROS, M.V.R.; ANTONIO, M.A.P.M.; G., MARCHETTO ,M.: Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.16 n.3 , p.291-298. 2011.

LIMA, K. K. S. ; LOPES, P. F. M. A qualidade sócioambiental em assentamentos rurais do Rio Grande do Norte, Brasil. Santa Maria: **Ciência Rural** , v.42, n.12, p.2295-2300, 2012.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das Construções: Procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo: EPUSP, 1985. 191p. Dissertação Mestrado.

LÖBACH, B. Industrial Design: basis for the configuration of industrial products. Edgard Blücher, ed., São Paulo, 2001. 206 p.

LOPES, M. A. C. Tipificação de soluções de reabilitação de estruturas de madeira em coberturas de edifícios antigos. Porto: FEUP, 2007. 203 p. Dissertação Mestrado.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.: Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação. São Paulo: EPUSP, 1997. 195p. Dissertação Mestrado.

LUCHESA, C.J., CHAVES NETO, A.: Calculo do tamanho da amostra nas pesquisas de administração. Curitiba: edição do autor, 2011. 43p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.: Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688p.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A; LACERDA, F.F. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: Sousa, S. S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. O.; Paz, V. P. S.(eds.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap.13, p. 383-421.

MDS - Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - Secretaria de Avaliação e Gestão da Informação; Brasília - DF ; 2007

MEIRA FILHO, A. S. Alternativas de telhados de habitações rurais para captação de água de chuva no semi-árido. Campina Grande:UFCG, 2004. 80p. Dissertação de Mestrado.

MEIRA FILHO, A. S.; NASCIMENTO, J.W.B.; LIMA, V. L. A. Patologias em sistemas de captação de água de chuva por meio de cisternas no semiárido paraibano. 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva; Campina Grande, PB.- 2012.

MELO, J.C.A. Impactos sociais e econômicos da criação de assentamentos rurais no Município de Sossego-PB. Campina Grande:UEPB. Dissertação de mestrado. 2012. 94 p.

MELO, M. V. S. Avaliação do desempenho de soluções Estruturais em aço para telhados coloniais. Ouro Preto. UFOP. 2011. 104p.

MENDES, T. R D; A S. Estudo da exploração do material cerâmico para a construção civil no município de Limoeiro do Norte – CE / Thales Robson da Silva Mendes. – Mossoró, RN : 2013. 46f.

Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). O semiárido. 2009. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/teste-cisternas-2009/historico/semi-arido>>. Acesso em: 12 mai. 2010.

Ministério do Desenvolvimento Social e Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, Cartilha do Programa Cisternas, Brasília, 2011.

Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Brasília: MIN/ Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. 2005.

MORGADO, J. N. P. L. V. Inspection and maintenance plan for roofs in current buildings. Lisboa: UTL. IST. 16p. 2012.

MURAKAMI, M.F.; MORUZZI, R.B. Avaliação do amido natural como alternativa simples para tratamento de águas pluviais para fins de aproveitamento não potável. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v.20, p.1-13. 2012.

MWAMI, J. Barrier to the effectiveness of rainwater catchment systems . In: **Anais** da 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva.1999. Petrolina, PE.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L.: Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.1, p.36-48. 2005.

OLIVEIRA, F. T, A. Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental - Simulador para avaliação da viabilidade. Lisboa: UTL, 2008.110p. Dissertação de Mestrado.

PREISER, W. F.E. Post-occupancy evaluation: how to make buildings work better. **Journal of Facilities Management**. v.13 · N.11.1998 · p. 19–28.

PREISER, W. F.E; SCHRAMM, U.: Intelligent office building performance evaluation. **Journal of Facilities Management**. v. 20. N. 7/8, p.279 – 287. 2002.

Portal Brasil. <http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/09/13/estadios-da-copa-vao-ter-praticas-sustentaveis>), acessado em outubro de 2012.

RIBAS, R. A DE J; SOUZA, H. A. de - Avaliação construtiva e de desempenho térmico do prédio da Escola de Minas da UFOP. **Revista Escola de Minas**. v.60 n. 4, p. 629-638. 2007.

SACADURA, F.O.M.O., Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios. Lisboa: UNL, 2011. 153p. Dissertação de Mestrado.

SANTOS, M. J.; SILVA, B. B. Análise do Modelo Conceitual e Tecnológico do Programa Cisternas Rurais em Sergipe. **Revista Eletrônica de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 464-483. 2009.

SCHISTEK, H. Eliminação de vazamentos em cisternas de captação de água da chuva. . In: **Anais** do 7º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva. 2009. Caruaru, PE.

SILVA, G. da: Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública – estudo de caso. Campinas: UNICAMP, 2008. 103p. Tese de Doutorado.

SILVA, R.M.A. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: transição paradigmática e sustentabilidade do desenvolvimento. Brasília:UNB, 2006. 298p. Tese de Doutorado.

SILVA, R.M.A. Entre o Combate à Seca e a Convivência com o Semi-Árido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**,v. 38, n. 3, p.466-485. 2007.

SOARES, A. B. C.A: Estratégias de recriação do campesinato no Município de Cabaceiras – PB. João Pessoa. UFPB. Dissertação de mestrado. 2008.194 p.

SOUZA, M.M.F.; .Patologia da construção - elaboração de um catálogo. Porto: FEUP, 2004. 199p. Dissertação Mestrado.

TAVARES, A. C. Aspectos, físicos, químicos e microbiológicos da água armazenada em cisternas de comunidades rurais no semi-árido paraibano. Campina Grande: UEPB, 2009.166 p. Dissertação de Mestrado.

TINOCO, J. E. L. Telhados tradicionais: patologias, reparos e manutenção. **Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação**. v.1, No.5, pp. 232 – 237. 2007.

TOMAZ, P. Aproveitamento da água de chuva: Para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003.

TORRES, A.; MÉNDEZ-FAJARDO, S.; LÓPEZ-KLEINE, L.; GONZÁLEZ, J. A.; RUIZ, A. Evaluación preliminar de la calidad de la escorrentía pluvial sobre tejados para su posible aprovechamiento en zonas periurbanas de Bogotá. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v.14, n.1, p. 127-135. 2011.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO,O. M. A gestão da água no brasil: Uma primeira avaliação da situação atual e das Perspectivas para 2025. 2000. 145 p.

WISBECK, E.; SANDRI, E.K.; SOARES, A. L. M.; MEDEIROS, S. H. W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Engenharia Sanitária e Ambiental** v.16, n.4, p.337-342. 2011.

XAVIER, R. P.: Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano. Campina Grande: UFCG, 2010.114 p. Dissertação de Mestrado.

XAVIER, R.P.; SIQUEIRA, L. P.; VITAL, F. A. C.; ROCHA, F.J.S.; CALAZANS, G.M.T. Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v.53, n.3, p.121-124. 2011.

XAVIER, R.P.; NÓBREGA R.L.B.; MIRANDA P. C.; GALVÃO, C.O. & CEBALLOS, B.S.O. Avaliação da eficiência de dois tipos de desvio das primeiras águas de chuva na melhoria da qualidade da água de cisternas rurais. 7º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva; Caruaru, PE.- 2009

ZERBINATTI ,O. E.; Qualidade da água proveniente da chuva coletada em diferentes tipos de telhados. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 019-037, 2011.

8. APÊNDICE

8.1. Apêndice 1 – Ficha de Avaliação de Patologias



FICHA DE AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS

I. INFORMAÇÕES GERAIS

Data: ____/____/____	Entrevistador (a):	QUESTIONÁRIO Nº	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Município:	Assentamento:				

II. CARACTERÍSTICAS DOS MORADORES DA RESIDÊNCIA

Nome do (a) chefe de família		Nome do (a) esposo (a)			
2.1.	Sexo do chefe da família	1. Masculino	2. Feminino		
2.2.	Escolaridade	1. Analfabeto 5. Médio completo	2. Fund. incompleto 6. Superior incompleto	3. Fund. completo 7. Superior completo	4. Médio incompleto
2.3.	Ocupação do chefe da família	1. Agricultor	2. Outra ocupação		
2.4.	Renda familiar fixa	1. Bolsa Família 5. B. família+salár. complet.	2. Uma aposentadoria 6. Duas aposentadorias	3. Salário complementar 7. Outras fontes	4. B. Família + Aposent.
2.5.	Tempo de ocupação da residência	_ _ anos	_ _ meses		
2.6.	Nº de moradores na residência	_ _			
2.7.	Nº de crianças abaixo de cinco anos	_ _			
2.8.	Condição da propriedade rural	1. Própria	2. Própria cedida	3. Posse	4. Outro

III. CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA

3.1.	Localização da cozinha	1. Fora de casa	2. Dentro de casa	3. Uma dentro de casa + uma fora de casa	4. Não tem cozinha
3.2.	A cozinha possui:	1. Pia c/ água encanada 5. Fogão improvisado	2. Pia s/ água encanada 6. Geladeira	3. Fogão a gás 7. Filtro de velas	4. Fogão a lenha 8. Outros
3.3.	A residência dispõe de banheiro	1. Um interno	2. Um externo	3. Nenhum	4. Um interno + um externo
3.4.	A residência dispõe de energia elétrica fornecida pela rede pública?	1. Sim	2. Não		

IV. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

4.1.	Origem da água de beber	1. Chuva 5. Barreiro/açude	2. Carro-pipa 6. Rio	3. Poço artesiano 7. Chafariz	4. Cacimba 8. Chuva + carro-pipa
4.2.	Origem da água para higiene pessoal e outros usos	1. Chuva 5. Barreiro/açude	2. Carro-pipa 6. Rio	3. Poço artesiano 7. Chafariz	4. Cacimba 8. Chuva + carro-pipa
4.3.	Formas de tratamento da água de beber:	1. Filtro de velas 5. Outros	2. Cloração	3. Fervura	4. Nenhum tratamento
4.4.	Armazenamento final da água de beber:	1. Caixa d'água 5. Filtro de velas	2. Cisterna 6. Outros	3. Pote	4. Tonel plástico
4.5.	Há quanto tempo a cisterna foi construída?	_ _ anos	_ _ meses		
4.6.	Patrocinador da construção da cisterna:	1. P1MC 5. Não sabe	2. Projeto social	3. A própria família	4. INCRA
4.7.	Alguém da família participou na construção da cisterna?	1. Não	2. Sim . (de que forma?) _____		
4.8.	Existe algum documento referente à cisterna e/ou placa de identificação?	1. Não	2. Sim . (especifique) _____		
4.9.	A cisterna recebe água de chuva?	1. Não	2. Sim.		



QUESTÕES DO OBSERVADOR

Data: ____/____/____	Observador (a):	QUESTIONÁRIO Nº	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Localização GPS: Latitude: _____	Longitude: _____	Fotos: _____	a _____		

VII. CARACTERÍSTICAS DA RESIDÊNCIA

7.1. Dimensões da residência	1. Frente __ _ , __ _ m	2. Fundos __ _ , __ _ m	3. Lat. Dir. __ _ , __ _ m
	4. Lat. Esq. __ _ , __ _ m	5. Pé direito __ _ , __ _ m	6. Alt. cumeeira __ , __ _ m
7.2. Área total da residência	__ _ _ , __ _ _ m ²		
7.3. Área total do telhado	__ _ _ , __ _ _ m ²		
7.4. Área de telhado contribuinte para a cisterna	__ _ _ , __ _ _ m ²		
7.5. Material predominante na cobertura	1. Telha cerâm. capa/canal 5. Chapa metálica	2. Laje de concreto 6. Outros	3. Telha fibrocimento 4. Palha vegetal
7.6. Material predominante nas paredes	1. Bloco cerâm. 8 ou 6 furos 5. Outros	2. Tijolo cerâm. manual	3. Taipa 4. Madeira
7.7. Tipologia do telhado	1. De beiral	2. De platibanda	3. Misto 4. Outro

VIII. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

8.1. Componentes do sistema	1. Telhado 5. Disposit. de desvio autom 9. Outros.	2. Calhas 6. Cisterna	3. Suportes 7. Bomba manual	4. Condutores 8. Bomba elétrica										
8.2. Modelo da cisterna	1. Cilíndrica, placa concreto 5. De polietileno	2. Cilíndrica, alvenaria tijolo 6. Outro	3. Prismática, alvenaria	4. Ferro-cimento										
8.3. Capacidade de armazenamento	__ _ , __ _ m ³													
8.4. Volume armazenado	__ _ , __ _ m ³													
8.5. Distância entre a cisterna e a residência	__ _ _ , __ _ _ m													
8.6. Distância entre a cisterna e a fossa	__ _ _ , __ _ _ m													
8.7. Layout do telhado	 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. Outro													
8.8. Perfil transversal das calhas	 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. Outro													
8.9. Área da seção transversal da calha	__ _ _ , __ _ _ cm ²													
8.10. Comprimento total do conjunto das calhas	__ _ _ , __ _ _ m													
8.11. Material das calhas	1. Aço galvanizado	2. PVC	3. Outro											
8.12. Perfil transversal dos condutores	1. Circular	2. Quadrado	3. Retangular	4. Outro										
8.13. Área da seção transversal dos condutores	__ _ _ , __ _ _ cm ²													
8.14. Comprimento total do conjunto dos condutores	__ _ _ , __ _ _ m													
8.15. Material dos condutores	1. Aço galvanizado	2. PVC	3. outro											
8.16. Dimensionamento da cisterna (em m)				<table border="1"> <tr><td>A.</td><td>F.</td></tr> <tr><td>B.</td><td>G.</td></tr> <tr><td>C.</td><td>H.</td></tr> <tr><td>D.</td><td>I.</td></tr> <tr><td>E.</td><td>J.</td></tr> </table>	A.	F.	B.	G.	C.	H.	D.	I.	E.	J.
A.	F.													
B.	G.													
C.	H.													
D.	I.													
E.	J.													



IX. OCORRÊNCIAS PATOLÓGICAS OBSERVADAS NO SCAC

<input type="checkbox"/>	1.	Telhas deslocadas
<input type="checkbox"/>	2.	Ausência de telhas
<input type="checkbox"/>	3.	Desalinhamento do beiral
<input type="checkbox"/>	4.	Afundamento leve da estrutura do telhado
<input type="checkbox"/>	5.	Afundamento severo da estrutura do telhado
<input type="checkbox"/>	6.	Presença de objetos estranhos sobre o telhado
<input type="checkbox"/>	7.	Desalinhamento da cumeeira
<input type="checkbox"/>	8.	Telhado contribuindo parcialmente para a cisterna
<input type="checkbox"/>	9.	Irregularidade formal do telhado, em decorrência do emprego de mais de um tipo de telha
<input type="checkbox"/>	10.	Telhado com multiplicidade de águas, dificultando a instalação de calhas e dutos.
<input type="checkbox"/>	11.	Calha descentralizada em relação ao beiral
<input type="checkbox"/>	12.	Deformação da calha no sentido longitudinal
<input type="checkbox"/>	13.	Deformação da calha no sentido transversal
<input type="checkbox"/>	14.	Calha com declividade demasiadamente acentuada
<input type="checkbox"/>	15.	Acúmulo de água ao longo da calha
<input type="checkbox"/>	16.	Ausência parcial de calhas
<input type="checkbox"/>	17.	Ausência total de calhas
<input type="checkbox"/>	18.	Deformação da calha por falta de dobras estruturais
<input type="checkbox"/>	19.	Calha retorcida no sentido transversal
<input type="checkbox"/>	20.	Extremidade da calha fechada com peça de madeira
<input type="checkbox"/>	21.	Calhas sem comunicação com a cisterna
<input type="checkbox"/>	22.	Calhas mal fixadas, oscilando à ação do vento.
<input type="checkbox"/>	23.	Calha demasiadamente afastada do beiral
<input type="checkbox"/>	24.	Rincão mal solucionado, sem caimento
<input type="checkbox"/>	25.	Presença de ferrugem na calha
<input type="checkbox"/>	26.	Calhas com fixação inadequada (suportes improvisados com arame, corda, etc).
<input type="checkbox"/>	27.	Ausência parcial de dutos
<input type="checkbox"/>	28.	Ausência total de dutos
<input type="checkbox"/>	29.	Condutores cruzando o interior da edificação
<input type="checkbox"/>	30.	Condutores cruzando janela ou porta
<input type="checkbox"/>	31.	Condutores obstaculizando tráfego de pessoas
<input type="checkbox"/>	32.	Condutor quebrado
<input type="checkbox"/>	33.	Conexões dos condutores avariadas
<input type="checkbox"/>	34.	Fixação dos condutores inadequada (suportes improvisados com arame, corda, forquilhas de madeira etc.).
<input type="checkbox"/>	35.	Avaria na transição calha/condutor
<input type="checkbox"/>	36.	Objetos estranhos no leito da calha
<input type="checkbox"/>	37.	Calhas cruzando o interior da edificação
<input type="checkbox"/>	38.	Ausência de dispositivo de desvio automático
<input type="checkbox"/>	39.	Ocorrência de fissuras no corpo da cisterna
<input type="checkbox"/>	40.	Ocorrência de trincas no corpo da cisterna
<input type="checkbox"/>	41.	Ocorrência de vazamento de água na cisterna
<input type="checkbox"/>	42.	Porta de visita da cisterna construída com material inadequado
<input type="checkbox"/>	43.	Ausência de porta de visita na cisterna
<input type="checkbox"/>	44.	Porta de visita avariada
<input type="checkbox"/>	45.	Ferragem exposta no corpo externo da cisterna
<input type="checkbox"/>	46.	Ferragem exposta no vão da porta de visita
<input type="checkbox"/>	47.	Extravasador ausente
<input type="checkbox"/>	48.	Extravasador destampado
<input type="checkbox"/>	49.	Extravasador quebrado
<input type="checkbox"/>	50.	Ocorrência de rachadura entre a laje de cobertura e a cisterna
<input type="checkbox"/>	51.	Acúmulo de água da chuva sobre laje de cobertura da cisterna
<input type="checkbox"/>	52.	Cisterna com altura excessiva, impedindo acesso do carro-pipa
<input type="checkbox"/>	53.	Cisterna totalmente vazia
<input type="checkbox"/>	54.	Ferragem exposta no vigamento da laje de cobertura da cisterna
<input type="checkbox"/>	55.	Acúmulo de água da chuva sobre laje de cobertura da cisterna
<input type="checkbox"/>	56.	Laje de cobertura da cisterna severamente avariada
<input type="checkbox"/>	57.	Laje de cobertura com ferragem à mostra
<input type="checkbox"/>	58.	Trincas na laje de cobertura da cisterna

