



## **СИСТЕМА СБОРА ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ В ЧАСТНОМ ДОМЕ В ПЕСКЕЙРЕ, ПЕРНАМБУКУ**

### **ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ**

BEZERRA, Francisco Paiva<sup>1</sup>, SANTOS, Wendell José Soares dos<sup>2</sup>

BEZERRA, Francisco Paiva. SANTOS, Wendell José Soares dos. **Система сбора дождевой воды в частном доме в Пескейре, Пернамбуку**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Год. 07, изд. 05, Том. 06, стр. 33-55. Май 2022 г. ISSN: 2448-0959, ссылка для доступа: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/гражданское-строительство/сбора-дождевой>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/ru/140699

### **СВОДКА**

Из-за нехватки воды и различных социальных проблем, вызванных отсутствием доступа к воде, очевидно, что населению нужны устойчивые альтернативы для устранения таких недостатков. В этом контексте, чтобы подчеркнуть доктрину по этому вопросу и подчеркнуть важность повторного использования воды для сохранения водных ресурсов для будущих поколений, в этой статье есть главный вопрос: использование системы сбора дождевой воды представляет экономические, технические и экологическая жизнеспособность? Таким образом, цель состоит в том, чтобы представить предложение по системе сбора дождевой воды в доме на одну семью, расположенном в городе Пескейра, штат Пернамбуку. Методика была основана на проведении расчетов различных размеров, которые в результате указали на тот факт, что общий объем был необходим для удовлетворения потребностей в повторном использовании, определяемый через сумму объема сада, объема гаража и объема сброса жилого помещения. В итоге был сделан вывод о том, что в отношении улавливания дождевой воды через крышу исследуемого здания удалось частично минимизировать затопление, а также сокращение использования предоставленной concessionаром питьевой воды, что сделало проект экономически выгодным и экологически жизнеспособным в городе Пескейре ПЕ. Кроме того, было установлено, что экономия 213,9775 л в сутки при использовании чистой воды за счет использования указанной системы оказала положительное влияние на месячную стоимость тарифа concessionарна на воду.



Ключевые слова: Дефицит воды, Дождевая вода, Система сбора.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Водные ресурсы в Бразилии представляют общественный и экономический интерес, вызывая кризисы, когда они подвергаются дефициту, поскольку они требуют надлежащего управления в дополнение к надлежащему распределению для удовлетворения потребностей всего населения (FEITOSA, 2020 г.). Однако, по данным Национального агентства водоснабжения и санитарии (2020 г.), в стране в среднем находится 12% пресной воды на планете, и поэтому она является одной из стран, наиболее охваченных распределением воды в мире.

Однако по отношению к среднему населению можно заметить, что распределение источников воды в Бразилии представляет собой неравномерное распределение воды, как это имеет место на севере страны, где количество воды непропорционально количеству жилищ, с концентрация 80 % воды для 5 % населения (ANA, 2020 г.).

В этом контексте Организация Объединенных Наций (2017 г.) указывает, что текущие потери воды могут привести, если они останутся постоянными, к 40-процентному сокращению водных ресурсов к 2030 году, а также прогнозирует, что с этим уменьшением произойдет Увеличение потребности в воде на 55% к 2050 году.

Таким образом, эти данные показывают экологическую и консервативную озабоченность следующих поколений, поскольку осознание важности экономии воды находит барьеры в вредных привычках населения в отношении отходов (PEDRANGELO *et al.*, 2018 г.). Таким образом, повторное использование воды на протяжении многих лет стало предметом интенсивных



обсуждений в правительстве и природоохранных организациях (SILVA, 2019 г.).

Таким образом, исследование оправдано важностью защиты этого природного ресурса, который перед лицом такого большого количества отходов и повышенных требований, которые часто недоступны, что необходимы исследования по этому вопросу для достижения надлежащего сохранения. Поэтому возникает следующая исследовательская проблема: является ли использование системы сбора дождевой воды экономически, технически и экологически целесообразным?

Ответ на вопрос положительный из-за следующей гипотезы: за счет сбора дождевой воды через крышу здания, которая направляется в конкретный резервуар, дождевая вода будет храниться, чтобы уменьшить прямой поток к населению дороги, сводя к минимуму затопление, и впоследствии могут быть использованы для некоторых непитьевых бытовых целей, что позволяет сократить использование питьевой воды, предоставляемой концессионером.

В связи с этим настоящая работа направлена на то, чтобы представить предложение по системе сбора дождевой воды в жилом доме в городе Пескейра-Пернамбуку, чтобы подчеркнуть доктрину по этому вопросу и подчеркнуть важность повторного использования воды для сохранения ресурса у вода для будущих поколений.

## **2. ПОЛОЖЕНИЕ ВОДЫ В БРАЗИЛИИ**

### **2.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ В СТРАНЕ**

В Бразилии наибольшее распределение воды сосредоточено в северном регионе, что составляет 68 % всей воды в стране, при этом население этого региона составляет 7 % населения страны. На юго-востоке сосредоточено 6%



воды страны, а на северо-востоке — только 3% этих запасов, причем оба региона являются самыми густонаселенными в Бразилии (PENA, 2022 г.). Самые высокие показатели национальной водообеспеченности на душу населения расположены на Севере, Среднем Западе и Юге, которые, как и Север, имеют более низкую плотность населения, а их водосборные бассейны имеют более высокий сток (PENA, 2022 г.).

Хотя в некоторых регионах количество водораспределительных систем больше, чем в других, тот факт, что они все еще испытывают водные кризисы, вызванные стихийными бедствиями или дефицитом, не является исключением, что требует постоянного планирования, управления и инфраструктуры для обеспечения доступности этого ресурса для все жителей, что не является постоянным явлением (PENA, 2022 г.).

## **2.2 САНИТАРИЯ В БРАЗИЛИИ**

Качество дождя состоит из четырех процессов, которые касаются воды до попадания на землю, после достижения крыш жилых домов, хранения воды и потребления воды. На всех этих этапах существует возможность обработки, чтобы они были направлены на повторное использование непитьевых товаров устойчивым, безопасным и эффективным способом (LIMA, 2015 г.).

Национальная информационная система санитарии (SNIS)[3], находящаяся в ведении Национального секретариата санитарии Министерства регионального развития (SNS/MDR)[4], действует как инструмент знаний об основных санитарных услугах, не имеющих аналогов в Бразилии (SNIS, 2021 г.).

Таким образом, SNIS предоставляет набор структурированных данных, которые способствуют оценке развития услуг водоснабжения, в дополнение к услугам санитарной канализации с 1995 г., в дополнение к управлению



твердыми городскими отходами с 2002 г., а также к дренажу и управлению городских дождевых вод с 2015 г. (SNIS, 2021 г.). Скоро:

O SNIS norteia atividades como o planejamento e a gestão do setor de saneamento, a formulação de políticas públicas e programas, a definição e monitoramento de metas e atividade de regulação e a fiscalização dos serviços. O SNIS também foi fundamental para a estruturação do marco legal do saneamento, instituído pela Lei no 11.445/2007 e atualizado pela Lei no 14.026/2020 (SNIS, 2021, p. 05).

Цели этой системы основаны на планировании и реализации государственной политики, а также на предоставлении рекомендаций по использованию ресурсов посредством следующих пунктов:

- Знание и оценка сектора санитарии;
- Оценка эффективности услуг;
- Улучшение управления;
- Направление регулирующей и инспекционной деятельности;
- Осуществление социального контроля.

В этом смысле Национальный секретариат санитарии (SNS, 2021 г.) подготовил Тематический анализ модуля городской канализации и управления ливневыми стоками на основе 2020 года, проведенный с использованием информации и муниципальных показателей. Таким образом, SNIS (2021 г.) подчеркивает:

Os serviços de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (DMAPU) evitam e atenuam impactos humanos, sociais, ambientais e econômicos resultantes de eventos hidrológicos impactantes. Nessa condição se enquadram inundações, enxurradas e alagamentos que ocorrem em áreas urbanas, especialmente nas que se caracterizam por ocupação desordenada de encostas e áreas naturais de drenagem, resultando na alteração e assoreamento de cursos hídricos e impermeabilização do solo (SNIS, 2021, p. 12).



Эти услуги полностью связаны с водоснабжением, канализацией, уборкой городов и удалением твердых отходов. Эффективный дренаж, сбор твердых отходов (мусора) и системы сбора и очистки сточных вод не позволяют дождевым водам стать переносчиками распространения болезней, а также загрязнения водоемов, направленного на общество (SNIS, 2021 г.). Поэтому:

A abordagem integrada dos quatro componentes, orientada pela Lei Federal de Saneamento Básico (no 11.445/2007, atualizada pela Lei no 14.026/2020), é parte da evolução do conceito de DMAPU. No passado, a regra geral era afastar o mais rápido possível as águas pluviais de pontos de retenção, transferindo eventos hidrológicos para áreas à jusante (abaixo do ponto de ocorrência) (SNIS, 2021, p. 12).

В системе также отмечается, что в настоящее время приоритет отдается решениям для устойчивого дренажа (полосы, инфильтрационные канавы), инфраструктуре демпфирования стока (водохранилища или отстойники, озера, плавательные бассейны), линейным паркам (SNIS, 2021 г.).

В этой цепочке рассуждений известно, что забор дождевой воды может быть использован для непитьевого потребления, осуществляемого через водосточные желоба, направляющие воду в отдельный резервуар, где удаляются отходы и примеси, что объединяется с планированием и другие ранее упомянутые необходимые факторы, основанные на SNIS, способствуют водоотводу на дорогах общего пользования, а также уменьшают воздействие, вызванное избытком дождевой воды (REZENDE и TECEDOR, 2017 г.).

## **2.3 СИСТЕМЫ СБОРА ДОЖДЕВЫХ ВОД**

Системы водосбора использовались во всем мире с древних времен, и есть записи об их использовании, в частности, цивилизациями майя и инков. Таким образом, это улавливание дождевой воды через желоба, крыши или другие пути направления этой воды в резервуар, который может быть цистерной, или



иным образом, чтобы сделать возможным ее повторное использование в непитьевых целях (LUCAS, 2016 г.).

Таким образом, 21 век ознаменовался общим внедрением этой системы за счет роста населения, помимо других финансовых аспектов, так как это факторы, влияющие на водную безопасность. Вскоре повторное использование этих вод стало предназначаться для непитьевого потребления (LUCAS, 2016 г.). В этом смысле автор:

Os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes: Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água; Região com disponibilidade hídrica menor que 1200 m<sup>3</sup>/habitante x ano; Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas; Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido; Instabilidade do fornecimento de água pública; Exigência de lei específica; Locais onde a estiagem é maior que 5 meses (LUCAS, 2016, p. 08).

Тем не менее, автор упоминает, что основной причиной использования дождевой воды, приносимой упомянутой системой, для промышленности является сочетание устойчивого развития с сокращением их затрат (LUCAS, 2016 г.).

Что касается повторного использования дождевой воды в жилых домах, основными преимуществами использования устойчивой архитектуры являются сохранение окружающей среды, экономика, качество жизни, дифференцированное ведение бизнеса, оценка недвижимости в дополнение к большей удовлетворенности пользователей и производительности труда и, наконец, развитие экологического сознания (GUERRA, 2016 г.).

Наконец, система сбора дождевой воды может происходить через крышу, которая является частью здания, расположенной на крыше, чтобы защитить застроенные территории от дождя, солнечного света и других элементов. Благодаря форме поверхности крыш можно направлять дождевую воду,



предназначенную для определенного типа сбора, будь то через решетки, желоба и т. д. (CARVALHO JÚNIOR, 2009 г.).

### **3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование представляет собой тематическое исследование с целью представления предложения по системе сбора дождевой воды для обеспечения повторного использования воды и оценки экономической и экологической жизнеспособности системы.

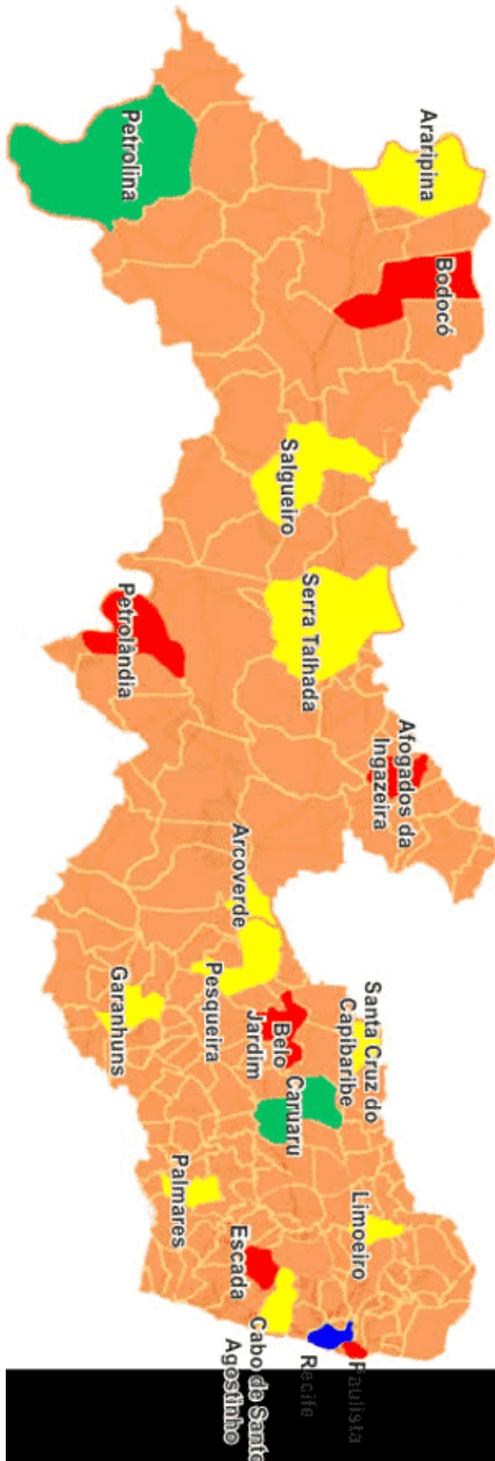
Библиографический обзор составил теоретическую основу этого исследования, посвященного распределению воды в Бразилии, сбору дождевой воды и системам сбора дождевой воды. В качестве параметров для проведения размеров дождевой воды, желобов и проводников использовались следующие стандарты: NBR 5626/2020 по сравнению с аналогичным стандартом NBR 5626 1998 года, NBR 10844/1989, все стандарты ABNT. Пример использования таблиц, представленных на официальном веб-сайте Schneider Motobombas (2019 г.), также использовался для определения размеров насосов и исследования Coutinho et al. (2010 г.) для определения размеров гидравлических систем.

#### **3.1 ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Рассматриваемое исследование представляет собой жилой проект на одну семью, расположенный в городе Пескейра в штате Пернамбуку, как показано на рисунке 1. Он был смоделирован в программном обеспечении, использующем технологию BIM.



Рисунок 1: Расположение исследуемого места жительства

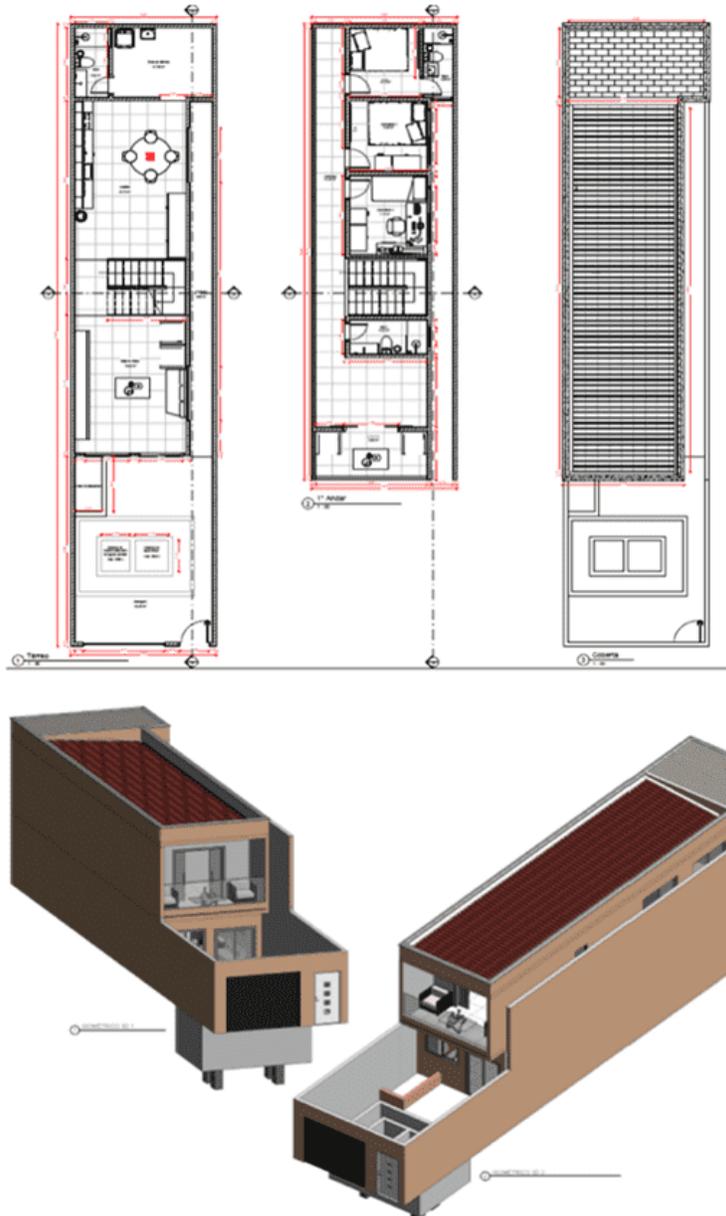


Источник: CRC PE, 2020.

RC: 140699

Доступно в: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/гражданское-строительство/сбора-дождевой>

На рис. 2 показан жилой дом, в котором была предложена система сбора дождевой воды. Он был смоделирован в программном обеспечении, использующем технологию BIM.



Источник: Автор, 2022 г.

RC: 140699

Доступно в: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/гражданское-строительство/сбора-дождевой>



### 3.2 МЕТОДОЛОГИЯ

Для того чтобы осуществить систему забора воды из местных осадков для непитьевых целей, изначально необходимо найти необходимые величины для захвата и хранения этого объема воды. Для этого были проведены расчеты водосточной, холодной и насосной систем, все они соответствуют критериям, установленным NBR 10844/1989, 5626/2020, 15527/2007.

Согласно NBR 10844/1989 расчетный поток можно найти с помощью уравнения 1:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Eq. 1}$$

В целях гомогенизации информации в исследовании Coutinho *et al.* (2010 г.) были получены уравнения интенсивных осадков для штата Пернамбуку, таким образом, показаны уравнения для нескольких регионов штата, в том числе для Пескейры. Учитывая важность уравнений для интенсивности, продолжительности и частоты осадков, связанных с гидротехническими проектами и городским, сельскохозяйственным и даже автомобильным водоотводом, гидрографы проектов становятся зависимыми от гиетограмм, связанных с периодом повторяемости и конкретной продолжительностью (COUTINHO *et al.*, 2010 г.).

Поэтому авторами было подчеркнуто, что информация о неизвестных *i-d-f* еще не существует для многих городов Бразилии, а существующие значения подвержены вариациям из-за реализации их уравнений в разное время года в разных методологии (COUTINHO *et al.*, 2010 г.).



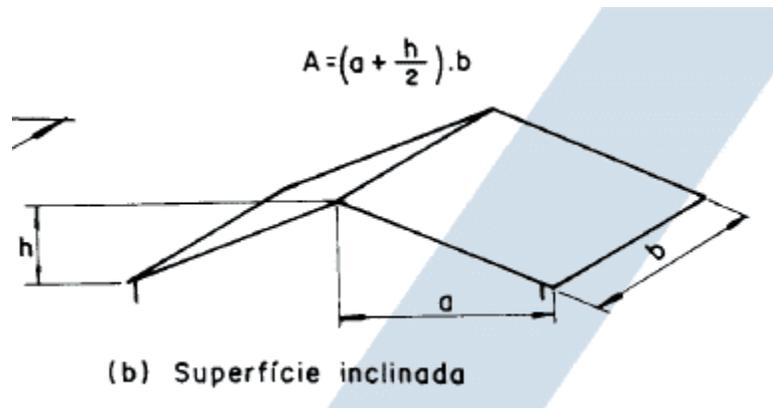
Интенсивность осадков можно определить с помощью уравнения Интенсивности, Продолжительности и Частоты (ИПЧ). Согласно Coutinho *et al.* (2010 г.), уравнение IDF для рыбацкого городка представлено уравнением 2:

$$i = \frac{497,4 * Tr^{0,2398}}{(t+4,141274)^{0,7527}} \quad \text{Eq. 2}$$

Таким образом, пункт 5.1.2 НБР 10844/89 предлагает некоторые значения времени возврата в соответствии с потребностями проекта, где T = 1 год для мощеных площадей, где допустимо образование луж; T=5 лет для крыш и/или террас; T= 25 лет для крыш и мест, где недопустимо заболачивание или перелив. Для рассматриваемого проекта рассматривался срок окупаемости 5 лет.

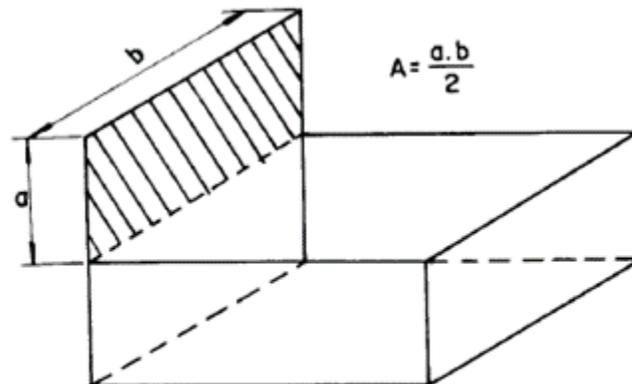
Пункт 5.1.3 NBR 10844/89 указывает, что время осаджения должно составлять 5 минут. В NBR 10844/1989 представлены некоторые возможности для оценки площади вклада в зависимости от геометрии конструкции. На рисунках 3 и 4 представлены выражения, представляющие конфигурацию рассматриваемого проекта.

Рисунок 3: Конфигурация проекта



Источник: NBR 10844/1989.

Рисунок 4: Поверхности



(h) Quatro superfícies planas verticais,  
sendo uma com maior altura

Источник: NBR 10844/1989.

С найденным потоком можно было определить размеры желоба, используемого в проекте, с помощью уравнения Мэннинга-Стриклера, названного уравнением 3:



$$Q = K * \frac{S}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq. 3}$$

Значение коэффициента шероховатости ( $n$ ) зависит от типа выбранного материала. Таблица 2 пункта 5.5.7.1 этого стандарта определяет значение коэффициента шероховатости ( $n$ ) в зависимости от материала. В рассматриваемом проекте был принят пластиковый материал для желобов, поэтому используемый коэффициент шероховатости был равен 0,011.

Определение вертикальных и горизонтальных проводников проводили с помощью желобных счетов с выходом с острым краем, предусмотренных NBR 10844/1989 и таблицей 4 также из NBR 10844/1989.

Для определения размеров резервуара для дождевой воды использовался NBR 15527/2007, в Приложении А которого предлагаются некоторые способы определения объема резервуара. Объем был рассчитан с использованием практического английского метода и метода Azevedo Neto, принимая наименьшее значение, найденное для проекта.

Уравнения 4 и 5 выражают, соответственно, практический английский метод и метод Azevedo Neto.

$$V = 0,05 * P * A \quad \text{Eq. 4}$$

$$V = 0,042 * P * A * T \quad \text{Eq. 5}$$

Среднее количество осадков, необходимое для расчета объемов водохранилища, было определено на основе данных, предоставленных Агентством водных ресурсов и климата Пернамбуку (APAC)[5] со ссылкой на станцию 18 осадков в городе Пескейра/ПЕ.



Согласно NBR 15527/2007 объем пригодной для использования дождевой воды можно определить по уравнению 6:

$$V = P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad \text{Eq. 6}$$

Где:

$V$  = годовой, месячный или дневной объем

$P$  = среднегодовые, месячные или дневные осадки

$A$  = площадь сбора ( $\text{m}^2$ )

$C$  = коэффициент стока крыши

$\eta$  = эффективность системы сбора

Коэффициент стока зависит от используемого материала и может варьироваться от 0,8 до 0,9. Значение, используемое для эффективности системы улавливания  $\eta$ , рекомендовано Tomaz (2003 г.), в котором принято значение 0,9.

Для определения размеров резервуара холодной воды NBR 5626/2020 устанавливает несколько критериев исполнения резервуаров. Creder (1991 г.) предоставляет таблицы, которые помогают выбрать переменные, необходимые для определения емкости водохранилища. Ежедневное потребление можно выразить уравнением 7:

$$Cd = pop * q \quad \text{Eq. 7}$$



Согласно НБР 5626/2020 резервуары должны иметь независимые подъемные системы. Для расчета насосной системы необходимо было найти измеряемый расход и напор, чтобы можно было определить необходимую мощность мотопомпы. Уравнения 8, 9, 10, 11, 12, 13 и 14 выражают переменные, необходимые для определения упомянутых выше параметров:

$$Q = \frac{Cd}{T} \quad \text{Eq. 8}$$

$$Dr = 1,3 * \left(\frac{T}{24}\right)^{0,25} * Q^{0,5} \quad \text{Eq. 9}$$

$$J = 10,67 * \frac{1}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \quad \text{Eq. 10}$$

$$\Delta h = J * L \quad \text{Eq. 11}$$

$$Hm = h + \Delta h \quad \text{Eq. 12}$$

$$Hmt = Hms + Hmr \quad \text{Eq. 13}$$

$$P = \frac{1000 * Hmt * Q}{75 * \eta} \quad \text{Eq. 14}$$

### 3.2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Для определения экономического и экологического анализа рассматриваемого исследования жизнеспособность внедрения системы была определена на основе объема забора по отношению к спросу на непитьевую воду и экономии на оплате тарифа ответственному концессионеру.

На Рисунке 5 показаны суммы, взимаемые Санитарная компания Пернамбуку (COMPESA)[6] в зависимости от количества м<sup>3</sup>, использованного в течение 1 месяца.



Рисунок 5 – Значения комиссии COMPESA в зависимости от используемого месячного объема

#### Consumidores Medidos

Residencial:

Consumo	Valor (R\$)	
Tarifa Social Até 10.000 litros/mês	9,44	↻
Até 10.000 litros/mês	50,50	↻
10.001 a 20.000 litros	5,79	↻
20.001 a 30.000 litros	6,88	↻
30.001 a 50.000 litros	9,48	↻
50.001 a 90.000 litros	11,23	↻
90.001 a 999999.000 litros	21,58	↻

Источник: COMPESA, 2022 г.

## 4. РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 ниже показаны результаты, полученные при проектировании дождевой системы:

Таблица 1: Размеры желобов и проводников

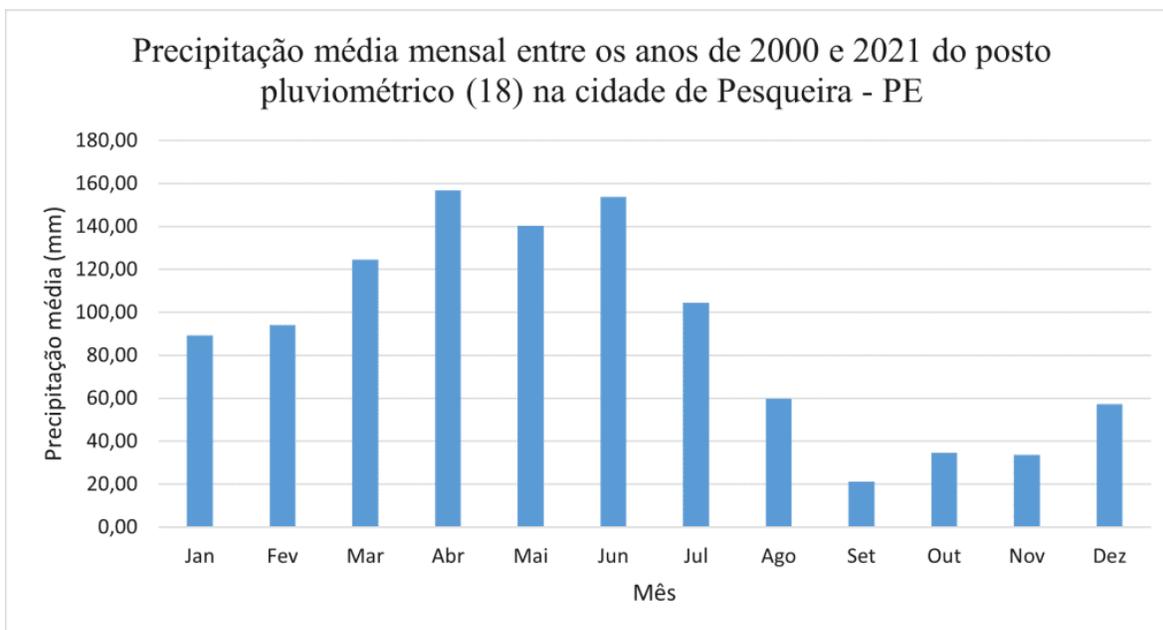
Размер желобов и проводников	
Интенсивность осадков (I) - мм/ч	138,35
Площадь вклада (A) - м <sup>2</sup>	51,15
Проектный расход (Q) - л/мин	117,95
Основание желоба (b) - см	35
Высота желоба (h) - см	17,5
Глубина воды (H) - мм	117
Вертикальный DN - мм	75
Горизонтальный DN - мм	100
Источник: Автор, 2022 г.	

Чтобы определить среднегодовое количество осадков в городе Пескейра, были использованы данные мониторинга осадков Агентства водных ресурсов



и климата Пернамбуку (АРАС) за последний 21 год. На графике 1 показаны ежемесячные накопленные данные с января 2000 г. по декабрь 2021 г.:

График 1. Ежемесячные накопления с 2000 по 2021 год в Пескейре - ПЕ



Источник: Автор, 2022 г.

Рассчитав среднее арифметическое значений осадков на графике выше, находим значение 89,17 мм. Для определения периода маловодья или отсутствия дождя (Т) по методу Azevedo Neto было принято, что период маловодья или отсутствия дождя составляет 5 месяцев (август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь), поскольку в эти месяцы количество осадков было ниже среднего найденного значения. В таблице 2 представлены размеры резервуара дождевой воды.

Таблица 2 - Калибровка дождевой воды

Размер резервуара для дождевой воды	
Метод	Объем (л)
Практический английский	1454,26



Azevedo Neto	6107,89
--------------	---------

Источник: Автор, 2022 г.

Выбрав меньшее значение из двух методов, мы можем приблизить общий объем к:

$$V \approx 1500 \text{ L}$$

Поэтому были приняты рекомендации, найденные в литературе (CREDER, 1991 г.) относительно:

- Нижний резервуар: 60% \* емкость резервуара (Cr)
- Верхний резервуар: 40% \* емкость резервуара (Cr)

Скоро:

$$\text{Res. Inf.: } 60\% * 1500 = 900 \text{ L}$$

$$\text{Res. Sup.: } 40\% * 1500 = 600 \text{ L}$$

Приближая стоимость верхнего резервуара к наиболее близкому с коммерческой точки зрения, имеем:

$$\text{Res. Sup.} \approx 750 \text{ L}$$

Что касается рассматриваемого проекта, вышеупомянутые рекомендации были соблюдены, даже если они не были явными в его обновленной версии от 2020 года. Приняв, что все размеры будут иметь одинаковый размер ( $a = b = c$ ):



$$V = a^3$$

Заменяя объем нижних резервуаров, имеем:

- $0,90 = a^3$
- $a = 0,9654 \text{ m}$
- $a \approx 1 \text{ m}$

Даже если эти размеры соответствуют потребностям жилого дома, было замечено, что высота имеет низкое значение, что может затруднить установку насосной системы. В этом смысле высота обоих резервуаров была принята равной 2 м, чтобы получить лучшее исполнение насосов. Поэтому:

Нижний объем = 2000 L

$$a = b = 1 \text{ m}$$

$$c = 2 \text{ m}$$

Для определения емкости резервуара холодной воды использовалась таблица, предложенная Кредером, для оценки потребления на душу населения в доме. Предполагая, что население здания будет состоять из 6 жителей и потребление на душу населения 200 л/день, мы можем найти суточное потребление дома.

$$Cd = pop * q$$

$$Cd = 1200 \text{ L/день}$$

В литературе рекомендуется, чтобы емкость водохранилища содержала в два раза больше используемого суточного потребления, поэтому:



Cd = 2400 L/день

При определенном суточном расходе удалось выделить объемы для нижнего и верхнего резервуаров:

Res. Inf.:  $60\% \cdot 2400 = 1440$  L

Res. Sup.:  $40\% \cdot 2400 = 960$  L

Cd = 1200 L/день

В литературе рекомендуется, чтобы емкость водохранилища содержала в два раза больше используемого суточного потребления, поэтому:

Cd = 2400 L/день

При определенном суточном расходе удалось выделить объемы для нижнего и верхнего резервуаров:

Res. Inf.:  $60\% \cdot 2400 = 1440$  L

Res. Sup.:  $40\% \cdot 2400 = 960$  L

$$V = a^3$$

- $1,44 = a^3$
- $a = 1,12924$  m
- $a \approx 1,15$  m

Даже если эти размеры соответствуют потребностям жилого дома, было замечено, что высота имеет низкое значение, что может затруднить установку



насосной системы. В этом смысле высота обоих резервуаров была принята равной 2 м, чтобы получить лучшее исполнение насосов. Поэтому:

Уменьшить громкость = 2645 L

$a = b = 1,15 \text{ m}$

$c = 2 \text{ m}$

После определения размеров резервуаров необходимо рассчитать мощность насоса, необходимую для подъема воды в верхний резервуар. В соответствии с NBR 5626/20 в системах нагнетания должно быть не менее двух насосов, работающих независимо друг от друга, и должно быть исключено явление кавитации. Для строительных установок КПД мотопомпы может варьироваться от 40% до 75%. Так, компания *Schneider Bombas* (2019 г.) устанавливает:

- Мощность до 2CV – доходность: 50%
- Мощность до 12,5 л.с. — выход: 60%
- Мощность более 12,5 л.с. — доходность: 50%

Идеальный период работы насоса варьируется от 4 до 6 часов. В рассматриваемом проекте было принято время работы 5 часов. Таблица 3 содержит размерные значения для обеих систем, дождевой и холодной воды.

Таблица 3 - Размеры лифтовой системы

Размер переменных	Лифтовая система			
	Дождевая вода		Холодная вода	
	Всасывание	Репрессии	Всасывание	Репрессии
Расход (Q) - м <sup>3</sup> /ч	2,4		2,4	
Диаметр нагнетания (Dr) - мм	32	25	32	25
Диаметр всасывания (Ds) - мм	32	25	32	25



Фактическая длина (L) - м	5,1673	23,532	5,5468	27,3092
Геометрическая высота (h) – м	2	6,44	2	6,69
Эквивалентная длина (Le) – м	45,7	39,9	45,7	40,4
Потеря напора агрегата (Дж) - м/м	0,005706	0,021	0,005706	0,019
Потеря напора (Δh) – м	0,29	1,34	0,3	1,29
Манометрическая высота (Hmt) - м	2,29	7,78	2,3	7,98
Выход (η) - %	50		50	
Мощность мотопомпы (П) - л.с.	0,074		0,076	

Источник: Автор, 2022.

Из каталога насосов (SCHNEIDER, 2019 г.) можно было определить насос, соответствующий требованиям. Была выбрана модель ВС-98, мощностью равной 1/3 л.с., которая, помимо бесшумности, адекватно отвечает требованиям здания.

Основываясь на данных, предоставленных *Sanepar*, мы можем оценить спрос, необходимый для повседневной деятельности. В таблице 4 ниже показано предполагаемое потребление дома с шестью жителями.

Таблица 4 – Профиль водопользования

ПРОФИЛЬ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В БЫТОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ШЕСТЬ ЧЕЛОВЕК			
Использовать	Расход на 1 месяц (л)	Расход на 1 день (л)	Потребление на душу населения (л)
Чистить зубы (3 раза в день каждому человеку)	180	6	1,5
Электрический душ-ванна (5 минут, 1 раз в день на человека)	3600	120	30
Смыв туалета (8 раз в день)	3600	120	30
Мыть посуду (3 раза в день)	2700	90	22,5
Стирать одежду/бак (15 минут 3 раза в неделю)	2880	96	24
Питьевая вода	360	12	3



Готовка еды	900	30	7,5
Уборка дома (1 ведро в день)	900	30	7,5
Общий	15120	504	126

Источник: адаптировано из Sanepar, 2020.

По данным Hespanhol (2012 г.), для орошения садов и мытья внутренних дворов можно рассматривать потребление 3 л/м<sup>2</sup> и 2 л/м<sup>2</sup>. Из значений, предложенных Hespanhol, и информации в таблице 5 можно оценить потребность в воде для очистки и ухода за гаражом и садом, учитывая, что гараж будет мыться два раза в неделю, а сад будет орошаться 3 раза в неделю, а также потребность в использовании гидроразрядов.

Таблица 5 – Расчет непитьевого спроса

Ежемесячная потребность в непитьевых целях			
Параметры	Гараж	Сад	Ванная комната
Площадь (м <sup>2</sup> )	32,20	9,86	-
Еженедельный объем (л)	128,78	88,76	900,00
Ежемесячный объем (л)	515,12	355,05	3600,00

Источник: Автор, 2022.

Общий объем, необходимый для удовлетворения требований повторного использования, может быть определен путем сложения месячных объемов, соответствующих объему сброса сада, гаража и дома.

Поэтому:

Требовать= 515,12 + 355,05 + 3600

Требовать= 4470,17 L/месяц



Установив необходимое значение объема повторного использования и используя уравнение 6, учитывая коэффициент поверхностного стока  $C$ , равный 0,8, и коэффициент водосбора, равный  $\eta$ , равный 0,9, как рекомендовано Tomaz (2003 г.), можно было оценить экономические и экологические жизнеспособность проекта. В таблице 6 показаны результаты, полученные при этой проверке.

Таблица 6 – Потенциальное ежемесячное финансирование

Период (месяц)	Среднее количество осадков (мм)	Общая площадь (м <sup>2</sup> )	Требуемый спрос (м <sup>3</sup> )	Захваченный объем (м <sup>3</sup> )	Процент обслуженных (%)	Недостающий процент (%)
Январь	89,27	47,57	4,48	3,06	68,25	31,75
Февраль	94,12	47,57	4,48	3,22	71,95	28,05
Маршировать	124,60	47,57	4,48	4,27	95,26	4,74
Апрель	156,71	47,57	4,48	5,37	119,81	-19,81
Может	140,26	47,57	4,48	4,80	107,23	-7,23
Июнь	153,85	47,57	4,48	5,27	117,62	-17,62
Июль	104,61	47,57	4,48	3,58	79,97	20,03
Август	59,76	47,57	4,48	2,05	45,69	54,31
Сентябрь	21,21	47,57	4,48	0,73	16,21	83,79
Октябрь	34,65	47,57	4,48	1,19	26,49	73,51
Ноябрь	33,61	47,57	4,48	1,15	25,69	74,31
Декабрь	57,35	47,57	4,48	1,96	43,85	56,15

Источник: Автор, 2022.

Анализируя информацию в Таблице 6, становится ясно, что система сбора обеспечивает необходимый спрос только в апреле, мае и июне. Согласно рисунку 5, ежемесячная плата за дома, потребляющие до 10 м<sup>3</sup>, составляет 50,50 реалов, что приводит к годовым расходам в размере 606,00 реалов. Поскольку объем собранной воды используется только три месяца (апрель,



май и июнь), годовая стоимость уменьшается на 151,50 реалов, что соответствует экономии в размере 25% в год. С экологической точки зрения использование дождевой воды способствует сохранению и рациональному использованию ресурсов, все больше снижая воздействие, вызванное дефицитом.

## **5. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ**

Текущее положение бразильского населения, соответствующее водным кризисам, обнаруженным в нескольких городах во многих бразильских штатах, настоятельно требует устойчивых мер, которые могут сохранить водные ресурсы и гарантировать их для будущих поколений. В связи с этим в исследовании предлагаются меры по обеспечению устойчивости, позволяющие повторно использовать дождевую воду таким образом, чтобы приносить пользу окружающей среде и не подвергать ее еще большему нападению.

Настоящий проект касается системы сбора дождевой воды, в которой от дождей жилая крыша (часть объекта данного исследования) направляет эту воду в жилые желоба, которые, в свою очередь, направляют дождевую воду, которая без системы будет направлена к так называемому уличному водостоку, к водоему, созданному специально для его занятия.

Воду, помещенную в резервуар, начали повторно использовать в некоторых непитьевых бытовых целях, таких как промывка, садоводство, мытье полов и автомобилей, среди прочего. Таким образом, повторное использование предотвратило растрату дождевой воды, а также помогло смягчить такие проблемы, как наводнения на улицах и другие негативные факторы, вызванные проливными дождями.



Система сбора дождевой воды представляет собой интересное предложение, в котором она сэкономила около 4,48 м<sup>3</sup> воды, однако эту экономию можно было наблюдать только в апреле, мае и июне, которые являются самыми дождливыми месяцами в регионе. Тем не менее, существует 25-процентная экономия суммы, взимаемой ежегодно в тарифах концессионера (COMPESA), что делает проект интересным, поскольку, хотя это представляет собой небольшой процент по сравнению с первоначальными расходами с нижними резервуарами и насосной системой, в долгосрочной перспективе становится жизнеспособным выбором, помимо пользы для окружающей среды.

С учетом выявленного, отвечая на наводящий вопрос данного исследования, можно было сделать вывод, что в отношении улавливания дождевой воды через кровлю изучаемого здания удалось частично минимизировать затопление, а также сокращение использования питьевой воды, предоставляемой концессионером, что делает проект экономически и экологически жизнеспособным для города Пескейра - ПЕ.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (BRASIL) - **Segurança hídrica.** Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2020. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/Capitulo5.a4c79690.pdf>.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica 5626, de Junho de 2020. NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria e água quente: Projeto, execução, operação e manutenção, [S. l.], 29 jun. 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica 5626, de Setembro de 1998. NBR 5626 - Instalação Predial de Água Fria, [S. l.], 30 out. 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Técnica 10844, de dezembro 1989. NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura.** São Paulo: Blucher, 2009, 2a edição.



COUTINHO, *et al.* **Coletânea De Equações De Chuvas Intensas Para O Estado De Pernambuco**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2010.

CRC PE. Subsedes, delegacias e representações. 2022, disponível em: <https://www.crcpe.org.br/institucional/delegacias/>

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 5ª edição, de. LTC. 1991.

FEITOSA, M. L. G. **Análise De Sistema De Captação E Reuso De Água Do Edifício Acqua Home Club**, Na Cidade De Caruaru – PE. Caruaru, 2020.

GUERRA, B. B. **Uso da água como fonte renovável em edificações**. Revista de Arquitetura IMED, 5(2): 4-9, 2016 - ISSN 2318-1109.

GAITÁN, M. C. P e TEIXEIRA, B. A. N. **Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água**: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2020, v. 25, n. 1.

LUCAS, F. V. **Sistema De Captação E Aproveitamento De Águas Pluviais Em Indústria De Alimentos**. Brasília, 2016.

LIMA, A. **Captação Da Água Da Chuva Para Consumo Doméstico**. Ariquemes, 2015.

NAÇÕES UNIDAS. **Água**. 2017. Disponível em: <https://unric.org/pt/agua/>

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Relatório das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**. Boletim da Organização Mundial de Saúde, 2017.

PENA, R. F. Alves. "**Distribuição da água no Brasil**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em 21 de abril de 2022.

PEDRANGELO, Alessandra de Castro; REZENDE, Luciana Cristina Soto Herek; YAMAGUCHI, Natália Ueda. **Avaliação de um sistema residencial para coleta de água de chuva**. Maringá, 2018.

REZENDE, J. H. e TECEDOR, N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527**. Revista Ambiente & Água, 2017, v. 12, n. 6.





## ПРИЛОЖЕНИЕ - СНОСКИ

3. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).
4. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR).
5. Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC).
6. Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Отправлено: Май 2022 г.

Утверждено: Май 2022 г.

---

<sup>1</sup> Выпускник в области гражданского строительства. ORCID: 0000-0002-7445-1408.

<sup>2</sup> Магистр гражданской и экологической инженерии. ORCID: 0000-0003-1496-6626.