



UNIVERSIDADE CHRISTUS
MESTRADO ACADÊMICO EM CIÊNCIAS ODONTOLÓGICAS

LILIANE EMILIA ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**ESTUDO FORENSE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MATERIAIS
ODONTOLÓGICOS RESTAURADORES SUBMERSOS EM ÁGUA DOCE**

FORTALEZA
2026

LILIANE EMILIA ALEXANDRE DE OLIVEIRA

ESTUDO FORENSE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MATERIAIS
ODONTOLÓGICOS RESTAURADORES SUBMERSOS EM ÁGUA DOCE

Dissertação apresentada ao Centro
Universitário Christus para obtenção de
qualificação de Mestrado em Ciências
Odontológicas. Área de concentração:
Clínica Odontológica. Linha de pesquisa:
Odontologia Forense.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Patrícia Maria
Costa de Oliveira

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O48e Oliveira, Liliâne Emilia Alexandre de.
 Estudo forense das propriedades mecânicas de materiais
 odontológicos restauradores submersos em água doce / Liliâne
 Emilia Alexandre de Oliveira. - 2026.
 103 f. : il. color.

 Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário Christus -
 Unichristus, Mestrado em Ciências Odontológicas, Fortaleza, 2026.
 Orientação: Profa. Dra. Patrícia Maria Costa de Oliveira.
 Coorientação: Prof. Dr. Tácio Pinheiro Bezerra.
 Área de concentração: Ciências Odontológicas.

 1. Odontologia legal. 2. Materiais dentários. 3. Propriedades de
 superfície. 4. Dureza. 5. Cor. I. Título.

CDD 617.6

LILIANE EMILIA ALEXANDRE DE OLIVEIRA

ESTUDO FORENSE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MATERIAIS
ODONTOLÓGICOS RESTAURADORES SUBMERSOS EM ÁGUA DOCE

Dissertação apresentada ao Centro
Universitário Christus de Fortaleza para
obtenção do título de Mestrado em Ciências
Odontológicas.

Área de concentração: Clínica
Odontológica.

Linha de pesquisa: Odontologia Forense

Orientador: Prof(a). Dr(a). Patrícia Maria
Costa de Oliveira

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Dr(a). Patrícia Maria Costa de Oliveira (Orientadora)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr(a). Diana Araújo Cunha
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. Tácio Pinheiro Bezerra
Perícia Forense do Estado do Ceará (PEFOCE)

Dedico este trabalho à minha mãe, Célia, que sempre foi meu alicerce, minha força e meu maior exemplo. Ao meu pai, José Queiroz, que mesmo ausente fisicamente, permanece presente em tudo que sou e em cada conquista que alcanço. E a todos que caminharam comigo, acreditaram em mim e fizeram parte dessa história.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda força e direção, por me conceder vida, saúde e coragem para chegar até aqui. Nada disso seria possível sem a Sua presença constante, guiando cada decisão e renovando minha fé nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, Célia, minha base, meu exemplo e minha maior referência de força. Sua dedicação, suas renúncias e seu amor incondicional me trouxeram até aqui. Tudo o que eu sou e conquistei carrega muito da senhora.

Ao meu pai, José Queiroz, que hoje não está fisicamente presente, mas permanece vivo em mim todos os dias. Carrego seus ensinamentos, seus valores e a responsabilidade de honrar sua história. Essa conquista também é sua.

À minha avó, Carmélia, por cada gesto de carinho, por cada oração feita em silêncio e por esse cuidado que sempre me abraçou. Seu apoio esteve presente em todos os momentos e fez toda diferença na minha caminhada.

À minha companheira, Bárbara, por caminhar ao meu lado durante todo esse processo. Obrigada pelo amor, pela paciência, pelo apoio diário e por acreditar em mim até nos dias em que eu duvidei.

À minha irmã, Tatiane, por estar ao meu lado nos momentos mais importantes, dividindo conquistas e aprendizados.

Ao meu primo, Ricardo, por sempre me apoiar, incentivar e acreditar em mim em cada etapa dessa caminhada.

À minha orientadora, Patrícia, pela dedicação, confiança e pelos ensinamentos essenciais para transformar essa pesquisa em realidade. Aos professores Tácio e Denise, que participaram do início deste projeto, minha gratidão pela contribuição e pelo aprendizado ao longo do caminho.

Cada etapa vivida fez parte da construção deste resultado. A todos que estiveram comigo nessa trajetória, meu sincero agradecimento. Esta conquista não é apenas minha, ela carrega um pouco de cada pessoa que me apoiou até aqui.

RESUMO

A estimativa do intervalo post mortem em corpos submersos ainda representa um desafio na prática pericial, especialmente em ambientes aquáticos naturais. Este estudo avaliou as alterações na estabilidade de cor (ΔE), rugosidade superficial (R_a) e microdureza Vickers (VH) de cinco materiais restauradores odontológicos submetidos à submersão em água doce por até seis meses. Foram confeccionados 80 corpos de prova, sendo 16 de cada material (resina composta, ionômero de vidro, resina acrílica, cerâmica e zircônia), distribuídos em grupos fixos, removidos apenas no tempo de análise, e em um grupo de repetição, no qual as mesmas amostras eram retiradas para avaliação e devolvidas ao açude após cada leitura. As análises foram realizadas nos tempos T0, 1, 3 e 6 meses. As amostras permaneceram submersas em açude natural no Ceará, cuja água apresentou elevada mineralização. Os resultados demonstraram alterações progressivas em todos os materiais. Houve aumento significativo de ΔE para resina composta, ionômero de vidro e zircônia ($p < 0,05$), sendo o ionômero de vidro o material com maior variação cromática. A rugosidade aumentou significativamente para resina acrílica, resina composta, ionômero de vidro e zircônia ($p < 0,05$). A microdureza reduziu para resina composta e ionômero de vidro, enquanto a cerâmica apresentou aumento e a zircônia manteve os maiores valores de dureza ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças relevantes entre grupo fixo e grupo de repetição. Conclui-se que a submersão em ambiente aquático natural promove alterações mensuráveis nas propriedades dos materiais restauradores, variando conforme sua composição, podendo contribuir como ferramenta auxiliar na análise forense de tempo de submersão.

Descritores: odontologia legal; materiais dentários; propriedades de superfície; dureza; cor.

ABSTRACT

The estimation of the postmortem interval in submerged bodies remains a challenge in forensic practice, particularly in natural aquatic environments. This study evaluated changes in color stability (ΔE), surface roughness (Ra), and Vickers microhardness (VH) of five dental restorative materials subjected to freshwater submersion for up to six months. A total of 80 specimens were prepared, with 16 specimens for each material (composite resin, glass ionomer cement, acrylic resin, ceramic, and zirconia). The samples were distributed into fixed groups, removed only at the designated analysis time, and a repetition group, in which the same specimens were removed for evaluation and returned to the reservoir after each measurement. Analyses were performed at T0, 1, 3, and 6 months. The samples remained submerged in a natural reservoir in Ceará, Brazil, whose water presented high mineralization. The results demonstrated progressive changes in all materials. A significant increase in ΔE was observed for composite resin, glass ionomer cement, and zirconia ($p < 0.05$), with glass ionomer cement showing the greatest color variation. Surface roughness increased significantly for acrylic resin, composite resin, glass ionomer cement, and zirconia ($p < 0.05$). Microhardness decreased for composite resin and glass ionomer cement, while ceramic showed an increase and zirconia maintained the highest hardness values ($p < 0.05$). No relevant differences were observed between the fixed group and the repetition group. It can be concluded that submersion in a natural freshwater environment promotes measurable changes in the properties of restorative materials, varying according to their composition, and may contribute as an auxiliary tool in the forensic analysis of submersion time.

Keywords: forensic dentistry; dental materials; surface properties; hardness; color.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Suportes impressos que receberam as amostras da pesquisa.....	33
Figura 02 – Fixação com godiva nas cavidades dos discos de suporte.....	34
Figura 03 – (a) Politriz/lixadeira modelo Aropol VV (Arotec, São Paulo, Brasil); (b) Discos utilizados no processo de planificação e polimento das unidades experimentais.....	36
Figura 04 – Etapas do polimento das amostras: (a) Disco de feltro utilizado no polimento final; (b) Pasta diamantada empregada na etapa final de polimento.	37
Figura 05 – Cuba ultrassônica utilizada para a limpeza das unidades experimentais entre as etapas de planificação e polimento.....	38
Figura 06 – (a) Espectrofotômetro VITA Easyshade Advance 4.0 e guia de silicone confeccionada para padronização das leituras e redução da interferência da iluminação ambiente; (b) Posicionamento perpendicular do equipamento durante a leitura.....	39
Figura 07 – Rugosímetro utilizado para a avaliação da rugosidade superficial das amostras.....	40
Figura 08 – Microdurômetro Shimadzu HMV-G205T utilizado para a realização dos ensaios de microdureza Vickers.....	42
Figura 09 – Bolsas permeáveis empregadas para organização, identificação e acondicionamento dos discos no ambiente aquático.....	44
Figura 10 – (a) Amostras dentro da gaiola; (b) Sistema de ancoragem; (c) Sinalização utilizada.....	44
Figura 11 – (a) Canoa utilizada para acesso ao local de submersão; (b) Submersão da gaiola no açude.....	45
Figura 12 – (a) Aspecto visual das amostras após submersão; (b e c) Gaiola de contenção no momento da remoção do meio aquático, evidenciando a presença de organismos vivos e a exposição às condições naturais.....	49
Figura 13 – Aspecto macroscópico dos discos contendo os cinco materiais restauradores após submersão em ambiente aquático natural nos diferentes períodos experimentais. (A) Após 1 mês – Grupo T1 e Grupo Repetição; (B) Após 3 meses – Grupo T2 e Grupo Repetição; (C) Após 6 meses – Grupo T3 e Grupo Repetição. Observa-se a presença de deposição superficial e alterações visuais progressivas ao longo do tempo de exposição.....	

	49
Figura 14 – Valores de alteração de cor (ΔE) dos materiais odontológicos ao longo do tempo de submersão em água doce.....	51
Figura 15 – Rugosidade superficial (R_a) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce.....	53
Figura 16 – Indentações Vickers representativas dos materiais avaliados no tempo T1: (a) ionômero de vidro; (b) resina acrílica; (c) cerâmica; (d) resina composta; (e) zircônia.....	56
Figura 17 – Microdureza dos diferentes materiais odontológicos ao longo do tempo de submersão.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos materiais odontológicos restauradores que compõem a amostra experimental nos diferentes grupos de avaliação. Ceará, 2026.....	33
Tabela 2 – Caracterização físico-química da água do açude Criancó durante o período experimental de submersão (julho a dezembro de 2025), incluindo temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, cloretos, dureza total e ferro total. Ceará, 2026.....	47
Tabela 3 – Parâmetros complementares de caracterização ambiental da água do açude Criancó durante o período experimental (julho a dezembro de 2025), incluindo alcalinidade total, cálcio, magnésio, nitratos, nitritos, fluoretos e aspectos organolépticos. Ceará, 2026.....	48
Tabela 4 – Valores médios ($\pm$ EPM) de alteração de cor (ΔE) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.....	50
Tabela 5 – Valores médios de rugosidade superficial (R_a) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.....	52
Tabela 6 – Valores médios de microdureza Vickers (VH) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MESTED	Mestrado em Ensino na Saúde e Tecnologias Educacionais
Unichristus	Centro Universitário Christus
ANOVA	Análise de Variância
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
ΔE	Diferença total de cor
EPM	Erro padrão da média
L^*	Luminosidade no sistema CIE Lab*
a^*	Coordenada cromática vermelho–verde no sistema CIE Lab*
b^*	Coordenada cromática amarelo–azul no sistema CIE Lab*
Ra	Rugosidade média aritmética
VH	Microdureza Vickers
T0	Tempo zero
T1	Tempo de 1 mês
T2	Tempo de 3 meses
T3	Tempo de 6 meses
UE	Unidade experimental
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
CaCO_3	Carbonato de cálcio
mS/cm	Milisiemens por centímetro
mg/L	Miligramas por litro
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo Geral	20
2.2 Objetivos Específicos	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 Formação e Atuação Profissional na Odontologia Legal.....	21
3.1.1 <i>Competência profissional.....</i>	21
3.1.2 <i>Competência pericial.....</i>	22
3.1.3 <i>Importância pericial.....</i>	23
3.2 Métodos de Trabalho e Abordagens Científicas.....	24
3.2.1 <i>Métodos de Trabalho.....</i>	24
3.2.3 <i>Importância de se dedicar a protocolos.....</i>	24
3.3 Cronotanatologia e Aplicações Odontológicas.....	25
3.3.1 <i>Cronotanatologia.....</i>	25
3.3.2 <i>Cronotanatologia e Odontologia Legal.....</i>	25
3.3.3 <i>Cronotanatognose.....</i>	26
3.4 Materiais Dentários e Propriedades Físico-Químicas.....	27
3.4.1 <i>Materiais Dentários.....</i>	27
3.4.2 <i>Propriedades físico-químicas dos materiais dentários.....</i>	28
3.5 Contexto forense da submersão em açudes.....	29
4 MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Delineamento experimental.....	31
4.2. Considerações éticas	31
4.3 Composição da amostra.....	32
4.4 Etapa de preparo, planificação e polimento das amostras.....	34
4.5 Tempos de Avaliação	37
4.6 Métodos de análises	38
4.6.1 <i>Estabilidade de Cor.....</i>	38
4.6.2 <i>Rugosidade superficial.....</i>	40
4.6.3 <i>Microdureza Vickers.....</i>	41
4.6.4 <i>Monitoramento físico-químico do meio aquático.....</i>	43

4.7 Ambiente experimental e protocolo de submersão.....	43
4.8 Análise estatística.....	46
5 RESULTADOS.....	46
5.1 Análise físico-química da água do açude.....	46
5.2 Estabilidade de cor (ΔE).....	50
5.3 Rugosidade superficial (R_a).....	52
5.4 Microdureza Vickers (VH).....	55
6 DISCUSSÃO.....	60
7 CONCLUSÃO.....	66
8 REFERÊNCIAS.....	67
APÊNDICE A – VALORES INDIVIDUAIS DE MICRODUREZA DAS AMOSTRAS.....	75
APÊNDICE B – VALORES INDIVIDUAIS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL..	82
APÊNDICE C – VALORES INDIVIDUAIS DE ALTERAÇÃO DE COR (ΔE).....	90
ANEXO A – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – JULHO DE 2025.....	98
ANEXO B – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – AGOSTO DE 2025.....	99
ANEXO C – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – SETEMBRO DE 2025.....	100
ANEXO D – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – OUTUBRO DE 2025.....	101
ANEXO E – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – NOVEMBRO DE 2025.....	102
ANEXO F – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ – DEZEMBRO DE 2025.....	103

1 INTRODUÇÃO

O exercício da profissão de cirurgião-dentista no Brasil é regido pelo disposto pelos Conselhos Federal e Regionais de Odontologia, que tem como objetivo a regulamentação da referida atividade profissional em todo o território nacional. Tal regulamentação tem como amparo o que está previsto na Lei 5.081/1966, que define suas competências e limitações legais, incluindo entre elas, a prescrição, a execução de procedimentos e atuação em áreas como Odontologia Legal e perícia com o fim de esclarecimentos à justiça e à administração (ALENCAR; FERREIRA, 2023; MARUO et al., 2009; ALENCAR; FERREIRA, 2023).

A lei explana as atividades que são próprias do cirurgião-dentista, o que remonta à procedimentos clínicos, cirúrgicos, de radiologia, laboratoriais e a prescrição, com vistas aos atos relacionados aos cuidados com a saúde bucal, A atuação na área, também envolve conhecimentos técnicos em Odontologia Legal, associados a aspectos como identificação humana e outras perícias cíveis e criminais (MARUO et al., 2009; MORETTO et al., 2020; ALENCAR; FERREIRA, 2023).

Tal norma regula o exercício da Odontologia no Brasil e em seu artigo 2º, inciso III, autoriza o cirurgião-dentista a exercer a função de perito em questões odontológicas, sendo fortemente recomendado que o profissional experimentando tenha formação complementar em Odontologia Legal para garantir qualidade e segurança jurídica (ALQAHTANI et al., 2018; NUZZOLESE et al., 2013).

O Odontologista é um profissional especializado fundamental nos institutos periciais em todo o país, sendo indispensável sua participação para desenvolver processos de identificação humana, além de análise de vestígios relacionados aos fatos jurídicos e suporte à justiça, elucidando aspectos que não são familiares às áreas técnicas do Direito. A presença qualificada de um perito garante maior rigor técnico, eficiência investigativa e respeito aos direitos das vítimas e familiares, desempenhando papel central na identificação de vítimas em situações onde outros métodos falham, são impossíveis de praticar ou financeiramente dispendiosos como é o caso dos desastres em massa, os eventos que envolvem corpos carbonizados ou em situações de decomposição avançada ou ainda, nos caso em que há

ausência de impressões digitais que possibilitem confronto de informações. Sua atuação é reconhecida como altamente eficaz, com estimativas de que até 70% das identificações humanas em âmbito mundial são realizadas por esses profissionais (DA COSTA et al., 2019; EMAM, 2024; PROKURAT et al., 2025; SHAH et al., 2019). Além disso, a presença do odontologista nas equipes periciais oficiais é considerada essencial para garantir análises técnicas precisas e evitar subutilização de evidências disponíveis (RIBAS-E-SILVA et al., 2015).

A atuação do Odontologista se dá pela comparação de registros *antemortem* e *postmortem* (como radiografias, fotografias, modelos, prontuários odontológicos) (PROKURAT et al., 2025; VLASIADIS; KOUTSAMANI, 2023; EMAM, 2024; DA COSTA ET AL., 2019); avaliação de marcas de mordida, lesões em lábios e mucosa, e traumas no sistema estomatognático, inclusive em casos de abuso infantil e violência sexual (PROKURAT et al., 2025; DAOUDIAN, 2024; PALLAVI, 2025); utilização de características dentárias e ósseas para estimativas forenses (DAOUDIAN, 2024; PROKURAT et al., 2024; SHAH et al., 2019); produção de relatórios técnicos e atuação como perito judicial (LAGOS-TISSIE; BRAVO-R, 2019) e manutenção rigorosa de registros odontológicos, fundamentais para investigações futuras (DA COSTA et al., 2019; DEVADIGA, 2014; SHEKAR; REDDY, 2009).

Neste contexto avaliativo, a cronotanatologia, ciência dedicada à estimativa do intervalo pós-morte ainda é reconhecida como um dos maiores desafios dentro da Medicina Legal, especialmente pela ausência de métodos universalmente aceitos e pela necessidade de abordagens multidisciplinares para maior precisão das estimativas do tempo de morte (RISOLUTI et al., 2021). Apesar dos avanços, ainda não existem protocolos rigorosos e amplamente reconhecidos para a determinação destes intervalos, especialmente para intervalos superiores a algumas horas. A literatura destaca a necessidade de padronização, validação em diferentes contextos e desenvolvimento de métodos menos dependentes de fatores subjetivos ou ambientais (RISOLUTI et al., 2021; NAJI et al., 2016). No Brasil, a cronotanatologia ainda carece de estudos experimentais e de maior integração entre métodos tradicionais e inovadores, especialmente em contextos regionais (SPINA, 2023).

Paralelamente, os dentes, devido à sua resistência e preservação aos mais variados cenários e contextos, tornaram-se foco de métodos inovadores para

estimar o tempo de morte, utilizando tanto alterações químicas quanto morfológicas e moleculares. Na Odontologia, essa área é especialmente relevante para a identificação de vítimas, principalmente em situações de desastres ou quando outros métodos não são viáveis para avaliação. A Odontologia Legal desempenha papel central na identificação de vítimas, utilizando comparações entre registros dentários *antemortem* e exames *post-mortem*. A precisão desse processo depende da qualidade dos registros disponíveis e da integridade dos restos dentários (FORREST, 2019; MOHAMMAD et al., 2022). A principal limitação é a falta de padronização e de registros dentários de qualidade, especialmente em países em desenvolvimento. O progresso depende da digitalização dos registros e do treinamento de profissionais em novas tecnologias. Pesquisas futuras devem focar na integração de inteligência artificial e na acessibilidade das ferramentas digitais (MATSUDA et al., 2020; FORREST, 2019; MOHAMMAD et al., 2022).

Os materiais dentários oferecem alternativas robustas para estimar o tempo de morte, especialmente em situações onde outros tecidos já se degradaram. Métodos químicos, histológicos e moleculares complementam-se, ampliando a precisão e aplicabilidade forense. Materiais restauradores em Odontologia apresentam propriedades físicas, químicas e ópticas que são fundamentais tanto para a prática clínica quanto para a identificação forense. A estabilidade térmica, fluorescência, resistência mecânica e estabilidade de cor são características-chave para o interesse forense. A escolha do material restaurador influencia diretamente a preservação e identificação forense (ANUSAVICE et al., 2013; SALEMA et al., 2020A; SALEMA et al., 2020B; LACASELLA et al., 2025; ISHIKAWA et al., 2019; ISHIKAWA et al., 2022).

Materiais restauradores odontológicos apresentam propriedades físico-químicas que podem contribuir significativamente para a identificação forense, especialmente em situações em que os tecidos biológicos estão degradados ou ausentes. A elevada estabilidade térmica de materiais cerâmicos e de coroas metalocerâmicas permite que essas estruturas resistam a temperaturas extremas, como em casos de incêndios ou carbonização, mantendo características que auxiliam na comparação com registros odontológicos ante mortem. Nesse contexto, coroas metalocerâmicas apresentam alta estabilidade térmica e podem atuar como

marcadores relevantes em análises forenses sob exposição ao calor, enquanto materiais como o ionômero de vidro tendem a fragmentar-se precocemente nessas condições (JANTARADA; CALDAS, 2025). Além disso, propriedades ópticas como estabilidade de cor e fluorescência também possuem relevância pericial. Resinas compostas e ionômeros de vidro podem apresentar alterações cromáticas quando submetidos a diferentes condições ambientais, incluindo variações de temperatura, o que pode auxiliar na diferenciação e caracterização dos materiais presentes na cavidade oral (BIANCALANA et al., 2017). Da mesma forma, materiais restauradores modernos frequentemente apresentam fluorescência quando expostos à luz ultravioleta, facilitando sua detecção e localização durante exames periciais (KIRAN et al., 2017). Propriedades mecânicas, como dureza superficial e resistência à abrasão, também influenciam a preservação desses materiais em ambientes adversos, incluindo exposição prolongada ao solo ou à água, podendo determinar o grau de integridade do material ao longo do tempo e contribuir para sua identificação e análise em contextos forenses (İPEK et al., 2024; ZAFAR et al., 2020).

Nesse cenário, o cirurgião-dentista, com destaque para o especialista em Odontologia Legal, desempenha função primordial na investigação forense das modificações ocorridas nas propriedades físico-mecânicas dos materiais restauradores odontológicos. As alterações observadas nestes materiais podem constituir importantes elementos de análise para a estimativa do intervalo temporal entre o início da submersão e a localização do cadáver, contribuindo significativamente para o aprimoramento da cronotanatognose, com maior precisão e respaldo científico (SALEMA et al., 2020A; SALEMA et al., 2020B; ISHIKAWA et al., 2019; ISHIKAWA et al., 2022; LACASELLA et al., 2025).

Além disso, açudes e reservatórios são locais frequentemente associados a acidentes, mortes violentas e ocultação de cadáveres, o que impõe desafios à investigação forense. A submersão interfere nos processos post mortem e limita a aplicação dos métodos tradicionais de estimativa do intervalo post mortem, tornando materiais odontológicos fontes relevantes de informação pericial (HINCHLIFFE, 2011; HENSSGE; MADEA, 2007).

Diante disso, torna-se imperativo o desenvolvimento de pesquisas que avaliem, de forma sistemática e longitudinal, as modificações nas propriedades

desses materiais quando expostos a ambientes aquáticos naturais. A presente investigação, ao analisar parâmetros como rugosidade de superfície, microdureza e estabilidade de cor ao longo de diferentes períodos de imersão, busca preencher essa lacuna e oferecer subsídios técnicos para a atuação pericial do cirurgião-dentista, especialmente no contexto da Odontologia Legal.

Apesar dos avanços na Odontologia Legal e na caracterização físico-química dos materiais restauradores, ainda existem lacunas importantes na literatura científica relacionadas ao padrão de alteração desses materiais em cenários de submersão. A maioria dos estudos disponíveis avalia propriedades mecânicas e ópticas em condições laboratoriais controladas, utilizando água destilada, soluções artificiais ou protocolos de envelhecimento acelerado. Entretanto, poucos estudos investigaram as alterações que materiais restauradores sofrem após períodos prolongados de submersão, especialmente em ambientes aquáticos naturais. Além disso, há escassez de pesquisas que analisem esse padrão de alteração especificamente em água doce natural, como açudes e reservatórios, ambientes frequentemente envolvidos em casos forenses de corpos submersos.

Do ponto de vista pericial, compreender como diferentes materiais restauradores se alteram ao longo do tempo nesses ambientes é de grande relevância para a cronotanatognose, uma vez que essas modificações podem fornecer indicadores auxiliares na estimativa do tempo de submersão. Dessa forma, ao investigar alterações de microdureza, rugosidade superficial e estabilidade de cor em materiais restauradores submetidos à imersão em água doce natural, o presente estudo contribui para reduzir essa lacuna científica e ampliar as bases de conhecimento da Odontologia Legal, oferecendo subsídios que podem auxiliar na interpretação técnico-científica de casos envolvendo corpos submersos.

2 OBJETIVOS

Avaliar as alterações das propriedades mecânicas relacionadas ao tempo de submersão em água doce de cinco materiais odontológicos restauradores, sendo eles: resina composta, ionômero de vidro, cerâmica odontológica, zircônia e resina acrílica, analisando o efeito da submersão sobre a estabilidade de cor, rugosidade superficial e microdureza.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar as alterações da rugosidade superficial (Ra) dos materiais restauradores imersos em água doce após 1, 3 e 6 meses, utilizando rugosímetro do tipo perfilômetro (Hommel Tester T1000, Hommelwerke GmbH®, Schenningem, Alemanha).

Avaliar a microdureza superficial dos materiais restauradores após 1, 3 e 6 meses de submersão em água doce, por meio do teste de microdureza utilizando microdurômetro Shimadzu HVM-G205T (Kyoto, Japão).

Avaliar a alteração de cor dos materiais restauradores após submersão em água doce por meio de análise espectrofotométrica no sistema CIELab, utilizando espectrofotômetro digital VITA Easyshade Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Alemanha).

Comparar os resultados das propriedades avaliadas entre os diferentes tempos experimentais (1, 3 e 6 meses) e entre os materiais restauradores testados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Formação e Atuação Profissional na Odontologia Legal

3.1.1 Competência profissional

A atuação do cirurgião-dentista no campo das ciências forenses exige uma série de competências que vão além das práticas clínicas, mas envolvem outras habilidades, como as investigativas, a análise crítica e o rigor metodológico para elaboração de laudos e pareceres técnicos, uma vez que esses documentos subsidiam decisões no âmbito judicial e administrativo (MARUO et al., 2009; MANICA; GORZA, 2018; LACASELLA et al., 2025).

O cirurgião-dentista pode atuar na identificação de indivíduos por meio da comparação de registros odontológicos, na estimativa da idade, na análise de marcas de mordida e na interpretação de vestígios biológicos relacionados à cavidade oral. Além disso, é frequentemente solicitado em processos judiciais que envolvem responsabilidade civil, erro profissional e disputas legais relacionadas à prática odontológica, reforçando o caráter técnico e legal dessa atuação (PRETTY; SWEET, 2001; MANICA; GORZA, 2018; SHAH et al., 2019; LACASELLA et al., 2025).

Dentro da grande complexidade das atividades realizadas, a literatura sinaliza que a atuação em Odontologia legal exige uma formação direcionada e específica. Embora a graduação em Odontologia forneça a base necessária, ela não prepara plenamente o profissional para lidar com demandas periciais, elaboração de laudos e interpretação de evidências forenses. Estudos destacam a importância de cursos de especialização e treinamentos voltados à área forense, de modo a garantir maior segurança técnica e respaldo científico na atuação profissional (MANICA; GORZA, 2018; LACASELLA et al., 2025).

Uma maior demanda de profissionais com formação nas áreas forenses é requerida na atualidade, em função do expressivo aumento da judicialização de práticas odontológicas e investigações periciais na área. O cenário reforça a requisição de profissionais de extrema qualificação que tenham capacidade técnica de interpretar os achados odontológicos e produzir provas técnicas que sejam

cientificamente confiáveis. Portanto, essa área tem se consolidado como estratégica dentro das ciências forenses, gerando impactos diretos nas esferas judicial, administrativa e junto à sociedade (MARUO et al., 2009; ANGELAKOPOULOS et al., 2025; LACASELLA et al., 2025).

3.1.2 Competência pericial

Sobre a competência pericial, é lícito esclarecer que ela refere-se à aptidão técnica específica do cirurgião dentista para atuar junto às perícias judiciais ou assistência técnica, sendo responsável pela interpretação das evidências associadas a processos das mais diversas naturezas. Pressupõe formação complementar, atualização constante e domínio de protocolos científicos capazes de assegurar a validade dos resultados apresentados, em conformidade com os desafios e exigências da prática pericial em Odontologia Legal (MORETTO et al., 2020; AL GHAZI et al., 2024; RAMASWAMI et al., 2023).

No âmbito da Odontologia Legal, a competência pericial envolve não apenas capacidade técnica, mas também preparo para atuar com precisão, imparcialidade e confiabilidade em contextos judiciais e investigativos. Diferentemente das práticas clínicas, o trabalho pericial exige um raciocínio direcionado para a condução de análises rigorosas e sistemáticas baseadas na evidência científica, no sentido de garantir conclusões que venham a esclarecer a verdade dos fatos e portanto que gerem valor probatório, dentro da área técnica de avaliação. Tais processos e métodos incluem cuidados com a coleta, preservação e interpretação dos vestígios, bem como, com a elaboração de laudos fundamentados e transparentes compreensíveis pelos operadores do Direito e que sejam úteis para sua convicção (MORETTO et al., 2020; AL GHAZI et al., 2024; RAMASWAMI et al., 2023).

A atuação do perito exige enfrentamento de situações complexas e a manutenção de elevados padrões éticos e profissionais ao longo de toda a atividade pericial. Essas exigências reforçam a importância da formação adequada, da atualização contínua e da adesão a protocolos reconhecidos para a sustentação da credibilidade dos exames periciais (RAMASWAMI et al., 2023). Outro aspecto essencial da competência pericial está relacionado à formação estruturada do profissional. A literatura sobre educação em Odontologia Forense indica que ainda

não existe um currículo internacional padronizado para a formação de peritos, havendo número limitado de programas formais de pós-graduação em nível mundial. Esse cenário evidencia a necessidade de iniciativas educacionais que promovam não apenas o domínio técnico, mas também a familiaridade com procedimentos e normas que assegurem a validade forense das análises odontológicas (MANICA; GORZA, 2018; SHAH et al., 2019; AL GHAZI et al., 2024; PALLAVI, 2025).

3.1.3 Importância pericial

A perícia odontológica é um instrumento essencial para a justiça, especialmente em casos de identificação humana, estimativa do tempo de morte e análise de traumas orofaciais. Sua importância reside na capacidade de fornecer dados objetivos e tecnicamente fundamentados, contribuindo para a elucidação de fatos e a proteção dos direitos das vítimas (PRETTY; SWEET, 2001; MENON et al., 2011; LACASELLA et al., 2025).

A relevância da perícia odontológica está relacionada, sobretudo, à inerente resistência das estruturas dentárias e à individualidade dos tratamentos odontológicos, que permitem comparações consistentes entre registros antes e após a morte. Esses aspectos tornam os dentes e os materiais odontológicos elementos de grande valor pericial, especialmente em casos de identificação humana e reconstrução de eventos envolvendo a cavidade oral (MENON et al., 2011; LACASELLA et al., 2025).

Além do contexto criminal, a importância da perícia odontológica também se destaca na esfera civil, principalmente diante do aumento de processos relacionados à responsabilidade profissional. Nessas situações, o laudo pericial assume papel central na formação do convencimento do magistrado, uma vez que fornece embasamento técnico para a análise de condutas, procedimentos e possíveis danos decorrentes da prática odontológica (ANGELAKOPOULOS et al., 2025).

Por fim, a literatura ressalta que a efetividade da perícia odontológica depende diretamente da qualificação do profissional e da utilização de métodos cientificamente reconhecidos. A ausência de padronização ou a condução inadequada da perícia pode comprometer o valor da prova produzida, reforçando a necessidade de rigor técnico e formação específica para garantir segurança jurídica

e confiabilidade aos resultados apresentados (AL GHAZI et al., 2024; PALLAVI, 2025).

3.2 Métodos de Trabalho e Abordagens Científicas

3.2.1 Métodos de trabalho

Os métodos empregados na Odontologia Legal devem ser sistematizados, reproduzíveis e validados cientificamente, garantindo a confiabilidade dos resultados e seu valor probatório. Esses métodos abrangem desde a coleta e preservação de amostras dentárias e materiais restauradores até análises laboratoriais, como ensaios físico-químicos, espectrofotometria, testes de microdureza e avaliação de rugosidade superficial. A escolha das técnicas deve considerar o tipo de evidência disponível, o estado de conservação do material e o contexto forense, sendo a atuação do cirurgião-dentista conduzida de forma documentada, imparcial e rastreável, com base em protocolos técnicos padronizados que assegurem a validade das informações produzidas (KRISHAN et al. 2015; INTERPOL, 2018; LACASELLA et al., 2025).

Entre os métodos mais utilizados destacam-se a análise comparativa de registros odontológicos *ante-mortem* e *post-mortem*, os exames clínicos e radiográficos, a avaliação de estruturas dentárias e materiais odontológicos, bem como a documentação fotográfica e descritiva dos achados. A padronização desses procedimentos é essencial para garantir a validade científica da perícia e a adequada compreensão dos resultados no contexto judicial (KRISHAN et al. 2015; ABFO, 2017; PROKURAT et al., 2024).

3.2.2 Importância de se dedicar a protocolos

A adesão a protocolos padronizados é fundamental para garantir a confiabilidade dos resultados periciais. Protocolos bem definidos permitem a comparação entre estudos, reduzem a subjetividade das análises e asseguram a aceitação dos laudos em instâncias judiciais. A dedicação à construção e validação

desses protocolos é um compromisso ético e científico do perito (KRISHAN et al., 2015; FIXOTT, 2023; LACASELLA et al., 2025).

3.3. Cronotanatologia e Aplicações Odontológicas

3.3.1 Cronotanatologia

A cronotanatologia é o ramo das ciências forenses dedicado ao estudo do intervalo *post mortem*, com o objetivo de estimar o tempo decorrido desde a morte. Essa estimativa é fundamental para a reconstrução de eventos de interesse judicial, auxiliando na elucidação das circunstâncias relacionadas ao óbito e na condução das investigações criminais e médico-legais (HENSSEGE; MADEA, 2007; NEDEL et al., 2009; PARRA et al., 2020).

Tradicionalmente, a determinação do intervalo *post mortem* baseia-se na análise de fenômenos cadavéricos, como alterações físico-químicas dos tecidos, livores, rigidez cadavérica e processos de decomposição. No entanto, em situações específicas, como decomposição avançada, carbonização ou submersão prolongada, esses parâmetros podem sofrer interferências ambientais significativas, tornando a estimativa do tempo de morte mais complexa e menos precisa (HENSSEGE; MADEA, 2007; MENON et al., 2011).

Diante dessas limitações, a cronotanatologia tem incorporado abordagens complementares e interdisciplinares, buscando novos marcadores temporais capazes de oferecer maior confiabilidade às estimativas do intervalo *post mortem*. Nesse contexto, estruturas biológicas mais resistentes e materiais associados ao corpo passam a ser considerados como potenciais indicadores temporais, ampliando as possibilidades de análise em cenários forenses complexos (NEDEL et al., 2009; LACASELLA et al., 2025).

3.3.2 Cronotanatologia e Odontologia Legal

A relação entre a cronotanatologia e a Odontologia Legal fundamenta-se na busca por métodos complementares para a estimativa do intervalo *post mortem*, especialmente em situações nas quais os sinais cadavéricos clássicos se mostram

limitados. Em contextos como decomposição avançada, carbonização ou submersão prolongada, a análise odontológica surge como importante recurso auxiliar, uma vez que dentes e materiais odontológicos apresentam elevada resistência às condições ambientais adversas (HENSSEGE; MADEA, 2007; NAJI et al., 2016; LACASELLA et al., 2025).

No âmbito da Odontologia Legal, as estruturas dentárias e os materiais restauradores passam a ser considerados potenciais marcadores temporais, capazes de fornecer informações relevantes sobre o tempo decorrido desde a morte. Alterações progressivas de natureza físico-química, mecânica e estrutural observadas nestes materiais podem ser correlacionadas ao intervalo post mortem, ampliando as possibilidades de análise cronotanatológica em cenários forenses complexos (PARRA et al., 2020; PROKURAT et al., 2024; LACASELLA et al., 2025).

Dessa forma, a integração entre cronotanatologia e Odontologia Legal fortalece a atuação do cirurgião-dentista forense, permitindo uma abordagem mais abrangente e tecnicamente fundamentada na estimativa do tempo de morte. Essa interface contribui não apenas para o aprimoramento das investigações médico-legais, mas também para a produção de provas periciais mais confiáveis, especialmente quando associadas a protocolos padronizados e métodos cientificamente validados (HENSSEGE; MADEA, 2007; PARRA et al., 2020; PROKURAT et al., 2024).

3.3.3 Cronotanatognose

A cronotanatognose corresponde a uma abordagem forense voltada à estimativa do intervalo post mortem a partir da análise de alterações progressivas e mensuráveis em estruturas resistentes à decomposição. Diferentemente da cronotanatologia clássica, que se baseia principalmente em fenômenos cadavéricos gerais, a cronotanatognose busca indicadores temporais mais estáveis, capazes de oferecer estimativas mais confiáveis em contextos forenses complexos, como submersão prolongada ou decomposição avançada (HENSSEGE; MADEA, 2007; NAJI et al., 2016).

No contexto da Odontologia Legal, a cronotanatognose ganha relevância ao direcionar a análise para estruturas dentárias e materiais odontológicos,

considerando a elevada resistência desses elementos frente a agentes físicos, químicos e biológicos. Estudos demonstram que tecidos dentários e materiais restauradores sofrem modificações graduais ao longo do tempo após a morte, podendo apresentar alterações físico-químicas e estruturais que auxiliam na inferência temporal do óbito (MERLI et al., 2018; BALLINI et al., 2020; PARRA et al. 2020).

Além disso, pesquisas apontam que propriedades como degradação superficial, mudanças de cor, variações de rugosidade e alterações mecânicas, incluindo microdureza, podem ser influenciadas pelo intervalo *post mortem* e pelas condições ambientais às quais o corpo foi exposto, especialmente em meio aquático. A análise sistematizada desses parâmetros, associada a métodos laboratoriais validados, contribui para o fortalecimento do respaldo científico da perícia odontológica e amplia as possibilidades de aplicação da cronotanatognose na estimativa do tempo de morte (HENSSEGE; MADEA, 2007; NAJI et al., 2016).

Dessa forma, a cronotanatognose aplicada à Odontologia Legal configura-se como uma ferramenta complementar promissora para a estimativa do intervalo post mortem, especialmente quando integrada a protocolos padronizados e ao estudo das alterações em materiais odontológicos em diferentes condições ambientais, aspecto central da presente dissertação (PRETTY; SWEET, 2001; VINCENTI et al., 2018; VICENTE, 2014; FORREST, 2019; ISHIKAWA et al., 2022).

3.4 Materiais Dentários e Propriedades Físico-Químicas

3.4.1 Materiais dentários

Os materiais restauradores utilizados na prática odontológica, como resinas compostas, ionômeros de vidro, cerâmicas, zircônia e amálgama, apresentam composições químicas e estruturas físicas distintas que determinam suas respostas frente a diferentes condições ambientais. Estudos recentes demonstram que esses materiais respondem de maneira variável à umidade, às variações de pH, à ação química da água e ao envelhecimento, fatores que influenciam diretamente suas propriedades físico-químicas ao longo do tempo (KAROL et al., 2021; MITRA et al., 2022).

No contexto da Odontologia Legal, esses materiais assumem importância adicional devido à sua maior resistência quando comparados aos tecidos biológicos. Em situações como decomposição avançada ou submersão prolongada, materiais dentários podem preservar características mensuráveis por períodos extensos, permitindo a análise de padrões de degradação e envelhecimento que auxiliam na reconstrução das condições de exposição e na estimativa do intervalo *post mortem* (PIRES DE SOUZA et al., 2009; ALMEIDA et al., 2021; MERLI et al., 2018).

Além disso, materiais como cerâmicas e zircônia apresentam elevada estabilidade estrutural, embora possam sofrer alterações graduais relacionadas ao envelhecimento e ao contato prolongado com o meio aquático, como transformação de fase e mudanças nas propriedades mecânicas. Essas características reforçam o potencial dos materiais dentários como ferramentas auxiliares na investigação forense, especialmente quando avaliados de forma comparativa e sistematizada (PIRES DE SOUZA et al., 2009; LI et al., 2023).

3.4.2 Propriedades físico-químicas dos materiais dentários

As propriedades físico-químicas dos materiais dentários são determinantes para sua aplicação clínica e para sua utilização em análises forenses. Parâmetros como rugosidade superficial, microdureza, estabilidade de cor, fluorescência e resistência mecânica estão diretamente relacionados à composição dos materiais e aos processos de envelhecimento, podendo sofrer alterações mensuráveis quando expostos a diferentes ambientes ao longo do tempo (YIKILGAN, 2018; RASTELLI, 2011; KAROL et al., 2021).

Estudos recentes demonstram que a exposição prolongada à água e a meios simuladores pode provocar alterações significativas na rugosidade superficial e na microdureza de resinas compostas e ionômeros de vidro, refletindo processos de degradação química e mecânica. Essas modificações podem ser utilizadas como indicadores auxiliares do tempo e das condições de exposição dos materiais, especialmente em contextos de submersão (YIKILGAN, 2018; ALMEIDA et al., 2021; FERREIRA et al., 2022).

Da mesma forma, a estabilidade de cor e as propriedades fluorescentes dos materiais restauradores podem ser afetados pelo envelhecimento e pela interação

com o meio ambiente. Alterações nesses parâmetros têm sido apontadas como relevantes não apenas do ponto de vista estético, mas também como potenciais marcadores em análises forenses, contribuindo para a identificação de materiais, avaliação de tempo de exposição e reconstrução de cenários forenses complexos (FERREIRA et al., 2022; YADAV, 2018 RODRIGUEZ et al., 2024).

Assim, a análise integrada das propriedades físico-químicas dos materiais dentários, quando associada a métodos laboratoriais padronizados e protocolos validados, configura-se como ferramenta complementar importante para a cronotanatognose aplicada à Odontologia Legal, fortalecendo o respaldo científico das inferências relacionadas ao intervalo post mortem (ISHIKAWA et al., 2019; ISHIKAWA et al., 2022).

3.5 Contexto forense da submersão em açudes

Ambientes aquáticos como açudes e reservatórios, estão frequentemente associados a ocorrências de morte violenta, acidentes e ocultação de cadáveres, especialmente em áreas de fácil acesso e baixa vigilância. Estudos recentes em patologia e investigação forense apontam que esses ambientes são utilizados em diferentes contextos criminais, o que torna sua análise relevante para a reconstrução dos eventos relacionados ao óbito (HINCHLIFFE, 2011; ISHIKAWA et al., 2019)

A submersão interfere diretamente nos processos naturais de decomposição corporal e dificulta a estimativa do intervalo *post mortem*. Fatores como temperatura da água, composição química, presença de matéria orgânica e tempo de permanência submerso influenciam a velocidade da decomposição e podem alterar significativamente os parâmetros tradicionais utilizados na cronotanatologia, reduzindo sua confiabilidade em ambientes aquáticos (ISHIKAWA et al., 2019; MADEA, 2016; ISHIKAWA et al., 2022).

Do ponto de vista criminal, corpos encontrados em açudes podem estar relacionados a homicídios, ocultação de cadáver ou tentativas de simulação de afogamento. Nesses casos, a água modifica sinais externos e internos do corpo, dificultando a determinação da causa da morte e a interpretação dos achados periciais. Revisões recentes em patologia forense destacam que, em ambientes

aquáticos, a análise isolada de tecidos moles pode ser insuficiente, sendo necessária a utilização de abordagens complementares (FORREST, 2019; ISHIKAWA et al., 2022).

Nesse contexto, estruturas mais resistentes à degradação, como dentes e materiais odontológicos, assumem papel central na investigação forense. Esses elementos tendem a preservar características mensuráveis mesmo após longos períodos de submersão, contribuindo para a identificação humana e para a estimativa do intervalo *post mortem* quando outros métodos apresentam limitações (LACASELLA et al., 2025).

Assim, o estudo do padrão de alteração de materiais dentários submetidos à submersão em açude apresenta relevância direta para a Odontologia Legal. A utilização desse modelo experimental permite simular condições semelhantes às observadas em casos reais, favorecendo a compreensão das alterações físico-químicas sofridas pelos materiais ao longo do tempo e contribuindo para o aprimoramento da aplicação da cronotanatognose em investigações forenses envolvendo ambientes aquáticos artificiais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Delineamento experimental

O presente estudo foi desenvolvido a partir de um delineamento experimental longitudinal, com o objetivo de avaliar o padrão de alteração de diferentes materiais odontológicos restauradores quando submetidos à submersão em ambiente aquático natural. O experimento foi estruturado de forma a permitir a comparação entre os materiais e o acompanhamento das alterações ocorridas ao longo do tempo, considerando diferentes períodos de exposição.

Para isso, as unidades experimentais (UE) foram organizadas, preparadas e submetidas a um protocolo de submersão contínua em açude de água doce, localizado no município de Barreira, localizado na macrorregião do Maciço de Baturité, mesorregião do Norte do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, sendo posteriormente avaliadas em tempos previamente definidos. As análises realizadas contemplaram parâmetros relacionados à estabilidade de cor, à rugosidade superficial e à microdureza dos materiais, conforme descrito nos tópicos a seguir.

O protocolo experimental adotado nesta pesquisa foi adaptado a partir de estudos prévios conduzidos por Vicente (2014), Vincenti et al. (2018) e Salema et al. (2020), com modificações destinadas à adequação às condições específicas de submersão em ambiente aquático natural e ao delineamento longitudinal proposto.

4.2. Considerações éticas

O presente estudo não foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, tendo em vista que sua execução se restringe ao uso exclusivo de materiais odontológicos comerciais, sem qualquer envolvimento de tecidos humanos, animais ou derivados biológicos. Dessa forma, a presente pesquisa não se aplica nas exigências estabelecidas pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta estudos envolvendo seres humanos, tampouco nas diretrizes aplicáveis à experimentação animal.

4.3 Composição da amostra

A amostra experimental foi composta por materiais restauradores com composições distintas, selecionados por serem amplamente utilizados na prática clínica odontológica. Foram avaliados cinco materiais: Resina composta (Vittra APS – FGM); ionômero de vidro (Ionoglass R – Maquira); cerâmica odontológica (Noritake); zircônia (Zircon Fit Plus – Talmax); resina acrílica (Dencor – Clássico).

Ao todo, a amostra foi constituída por 80 corpos de prova, distribuídos igualmente entre os cinco materiais avaliados, resultando em 16 unidades experimentais de cada material. Cada tempo experimental contou com 4 corpos de prova de cada material, totalizando 20 unidades experimentais por tempo de avaliação/grupo. Essa distribuição permitiu a comparação da evolução das alterações dos diferentes materiais ao longo do tempo de submersão em ambiente aquático natural, conforme ilustrado na Tabela 01.

Para a organização das amostras, os corpos de prova foram acondicionados em suportes circulares confeccionados em resina acrílica através de uma impressora 3D, com 3 cm de diâmetro e 1 cm de espessura. Cada suporte apresentava quatro cavidades, com dimensões de 8 × 8 × 8 mm, destinadas à acomodação das UE (Figura 01). No total, foram produzidos 20 discos, que foram numerados sequencialmente de 1 a 20 por meio de desgaste superficial na face oposta às cavidades, permitindo a identificação e o controle das amostras ao longo do estudo.

Os corpos de prova foram distribuídos entre os tempos experimentais de 1 mês, 3 meses e 6 meses de submersão em ambiente aquático natural. Essa alocação foi realizada de forma aleatória com auxílio do software Microsoft Excel®, buscando uma distribuição equilibrada entre os grupos avaliados.

Além dos grupos fixos, foi incluído um grupo de repetição composto por um disco contendo quatro corpos de prova de cada material, seguindo a mesma distribuição numérica adotada nos grupos T1, T2 e T3. Neste grupo, as mesmas UE foram removidas do ambiente aquático apenas para a realização das análises e, em seguida, devolvidas ao meio de submersão, possibilitando o acompanhamento do padrão de alteração dos materiais ao longo do tempo. Os corpos de prova

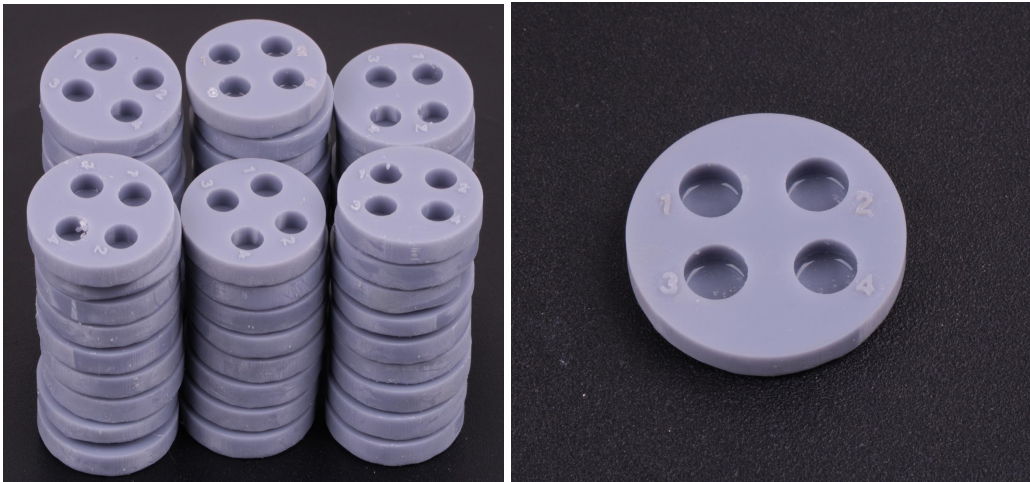
pertencentes aos grupos fixos foram retirados do ambiente aquático apenas no momento correspondente à análise e, posteriormente, armazenados em condições controladas até o término do experimento.

Tabela 01 – Distribuição dos materiais odontológicos restauradores que compõem a amostra experimental nos diferentes grupos de avaliação. Ceará, 2026.

Grupos	Tempos de avaliação	Materiais e quantidade
Repetição	1 mês, 3 meses e 6 meses	Ionômero de vidro (4), resina composta (4), resina acrílica (4), cerâmica (4), zircônia (4)
T1	1 mês	Ionômero de vidro (4), resina composta (4), resina acrílica (4), cerâmica (4), zircônia (4)
T2	3 meses	Ionômero de vidro (4), resina composta (4), resina acrílica (4), cerâmica (4), zircônia (4)
T3	6 meses	Ionômero de vidro (4), resina composta (4), resina acrílica (4), cerâmica (4), zircônia (4)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Figura 01 – a e b) Suportes impressos que receberam as amostras da pesquisa. Ceará, 2026.



(a)

(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

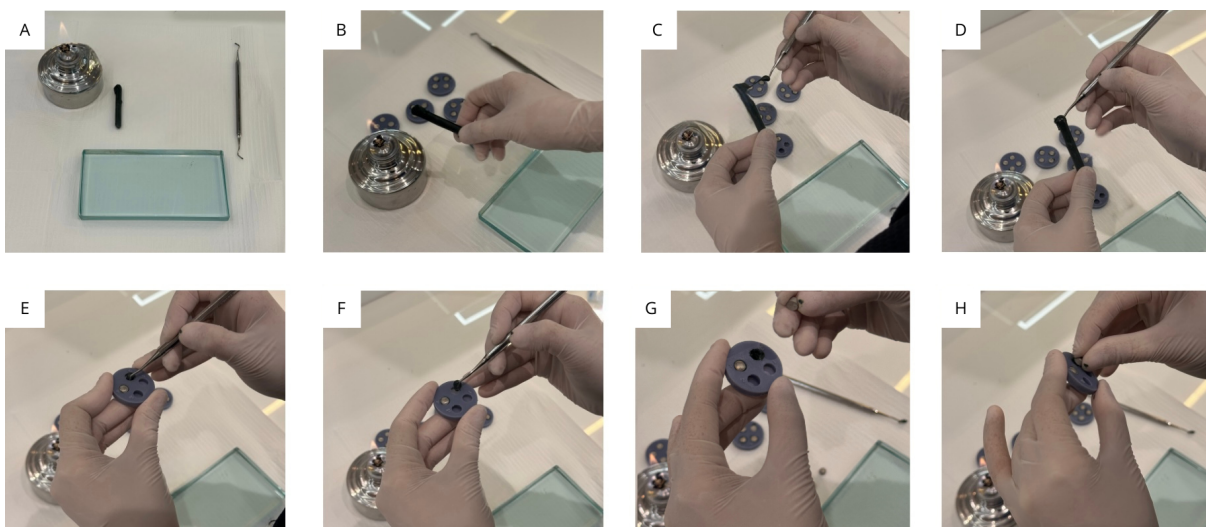
4.4 Etapa de preparo, planificação e polimento das amostras

O preparo das amostras envolveu a confecção, organização e acabamento das unidades experimentais antes do início das análises. Inicialmente, os materiais restauradores selecionados foram preparados de acordo com as recomendações do fabricante, de modo a garantir padronização e estabilidade durante o período experimental.

As UE de resina composta e ionômero de vidro foram confeccionadas previamente, fora dos discos de suporte, por um único pesquisador, respeitando as recomendações dos fabricantes. Após a confecção, essas unidades foram posicionadas nas cavidades dos suportes e fixadas com godiva, assegurando sua estabilidade durante a imersão em ambiente aquático e durante as análises subsequentes.

Os materiais de uso laboratorial, cerâmica, zircônia e resina acrílica, foram confeccionados por um técnico com experiência prévia, seguindo as dimensões padronizadas de 6 × 6 × 6 mm, conforme os critérios metodológicos previamente estabelecidos para o estudo. As medidas foram verificadas com paquímetro digital, garantindo conformidade com as especificações previamente definidas. Todo o processo foi conduzido seguindo protocolo único, a fim de minimizar variações operacionais. Em etapa posterior, essas UE foram posicionadas nos suportes e igualmente fixadas com godiva, adotando o mesmo padrão de fixação utilizado para os demais materiais. As etapas de posicionamento e fixação das unidades experimentais nos discos de suporte estão ilustradas na Figura 02.

Figura 02 – Etapas do posicionamento e fixação das unidades experimentais nos discos de suporte. (A) Materiais e instrumentos utilizados; (B) Aquecimento da godiva; (C–D) Manipulação e adaptação da godiva na cavidade do disco; (E–F) Inserção e acomodação da unidade experimental; (G–H) Ajuste final e estabilização do corpo de prova na cavidade. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

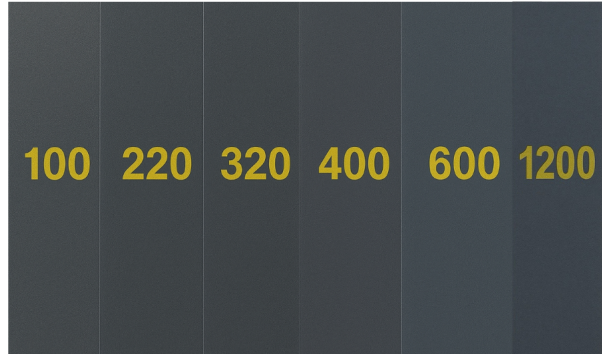
Após a fixação das UE nos discos, foi realizado a planificação das superfícies com o auxílio de uma politriz/lixadeira Aropol VV (Arotec, São Paulo, Brasil), operada em alta rotação e sob refrigeração contínua com água, a fim de evitar aquecimento excessivo e preservar a integridade dos materiais. Para esse procedimento, foram utilizadas lixas d'água nas granulações 100, 220, 320, 400, 600 e 1200. As lixas de granulação mais grossa foram empregadas nos materiais com maior dureza, enquanto as lixas de granulação mais fina foram utilizadas nos materiais menos duros, com o objetivo de promover a regularização gradual das superfícies (Figura 03).

Cada granulação foi aplicada por aproximadamente 60 segundos sob irrigação contínua, mantendo pressão manual leve e constante, garantindo padronização do desgaste entre as amostras. As lixas foram substituídas a cada cinco unidades experimentais, a fim de manter a eficiência abrasiva e evitar interferências decorrentes do desgaste do material abrasivo. Para os materiais de menor dureza, o tempo médio por granulação foi de 30 segundos, enquanto para os materiais de maior resistência utilizou-se aproximadamente 60 segundos por etapa, sempre sob irrigação contínua e pressão manual leve e constante. E, por fim, polimento em disco de feltro por 1 minuto com pasta diamantada de 3 μm (Arotec), demonstrado na figura 04.

Figura 03 – (a) Politriz/lixadeira modelo Aropol VV (Arotec, São Paulo, Brasil) e (b) Discos utilizados no processo de planificação e polimento das unidades experimentais. Ceará, 2026.



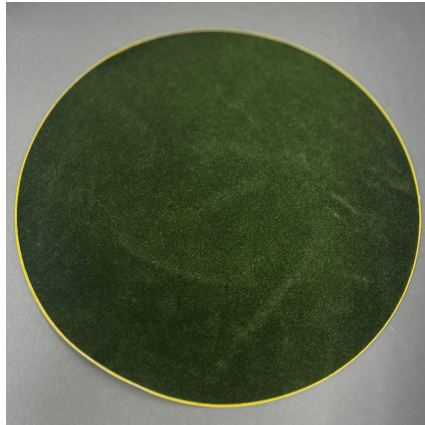
(a)



(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Figura 04 – Etapas do polimento das amostras: (a) Disco de feltro utilizado no polimento final; (b) Pasta diamantada empregada na etapa final de polimento. Ceará, 2026.



(a)



(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Após cada etapa da planificação e polimento final, as UE foram submetidas à limpeza em cuba de ultrassom contendo água deionizada, por 3 minutos (Figura 05). Esse procedimento permitiu a remoção de resíduos particulados e vestígios de alumina remanescentes do preparo superficial, contribuindo para a adequada

higienização das superfícies e evitando possíveis interferências nas análises subsequentes.

Figura 05 – Cuba ultrassônica utilizada para a limpeza das UE entre as etapas de planificação e o polimento. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Todo o processo de preparo e limpeza das amostras foi realizado por um único operador previamente treinado, imediatamente antes da execução das análises iniciais, correspondentes ao tempo zero (T0). Essa padronização operacional foi adotada para reduzir variações decorrentes da manipulação técnica e assegurar a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

4.5 Tempos de Avaliação

Todas as UE foram submetidas a análises iniciais de seus parâmetros mecânicos antes da submersão no ambiente aquático. Esse momento foi definido como T0 da pesquisa e servirá como parâmetro comparativo inicial para todos os demais tempos experimentais.

Em seguida, as amostras foram distribuídas aleatoriamente em quatro bolsas individuais, cada uma designada para retirada em um tempo específico de análise: 1 mês (T1), 3 meses (T2) e 6 meses (T3). Essas bolsas permaneceram imersas continuamente e só foram retiradas no tempo definido, não retornando mais ao ambiente após a retirada.

Adicionalmente, foi incluída uma quarta bolsa, correspondente ao grupo de repetição, que também foi retirada nos mesmos tempos (T1, T2 e T3), porém retornou ao ambiente aquático após cada análise. Essa estratégia foi adotada para possibilitar a avaliação de possíveis interferências causadas pela manipulação periódica, permitindo verificar se a remoção e reinserção das unidades experimentais influenciam nos parâmetros mecânicos avaliados, em comparação às amostras que permaneceram submersas de forma contínua.

4.6 Métodos de análises

4.6.1 Estabilidade de Cor

As leituras de cor foram obtidas com o auxílio do espectrofotômetro VITA Easyshade Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik, Alemanha), com a ponteira posicionada perpendicularmente à superfície das amostras, garantindo padronização das medições ao longo do experimento. Com o objetivo de minimizar a interferência da iluminação ambiente durante as medições, foi confeccionada uma guia de silicone, utilizada como barreira física ao redor da ponteira do equipamento no momento da leitura. Esse procedimento permitiu maior controle das condições de iluminação e contribuiu para a padronização das avaliações cromáticas ao longo do experimento (Figura 06).

Figura 06 – (a) Espectrofotômetro VITA Easyshade Advance 4.0 e guia de silicone confeccionada para padronização das leituras e redução da interferência da iluminação ambiente; (b) Posicionamento perpendicular do easys shade. Ceará, 2026.



(a)

(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

A estabilidade de cor dos materiais restauradores foi avaliada por meio da comparação das leituras cromáticas obtidas ao longo do período experimental. As medições foram realizadas utilizando o sistema CIE Lab*, que permite a quantificação objetiva das alterações de cor a partir de três coordenadas distintas: luminosidade (L^*) e cromaticidade (a^* e b^*).

A diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada por meio da equação $\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$. Nessa equação, ΔL^* , Δa^* e Δb^* correspondem às variações nas coordenadas de luminosidade e cromaticidade do sistema CIE Lab*, obtidas a partir da diferença entre os valores registrados no tempo inicial (T_0) e aqueles observados após os períodos de submersão. O valor de ΔE^* representa a magnitude total da alteração cromática ocorrida no material.

A coordenada L^* está relacionada ao grau de claridade da superfície, variando de valores mais baixos, associados a superfícies mais escuras, até valores mais elevados, associados a superfícies mais claras. As coordenadas a^* e b^* representam variações cromáticas nos eixos vermelho-verde e amarelo-azul, respectivamente.

As alterações de cor observadas ao longo do tempo foram expressas por

meio do cálculo da diferença total de cor (ΔE), que considera simultaneamente as variações ocorridas nas três coordenadas do sistema. Para cada material, os valores obtidos após os diferentes tempos de submersão foram comparados com a leitura inicial, realizada antes da exposição ao ambiente aquático.

No presente estudo, valores mais elevados de ΔE foram interpretados como indicativos de maior alteração cromática. Para fins de análise, adotou-se uma classificação baseada na perceptibilidade visual da diferença de cor, considerando: $\Delta E < 1$ como imperceptível ao olho humano; ΔE entre 1 e 3,3 como perceptível, porém clinicamente aceitável; e $\Delta E > 3,3$ como clinicamente inaceitável, conforme critérios descritos por Khashayar (2014).

4.6.2 Rugosidade superficial

A rugosidade superficial das UE foi avaliada com o objetivo de identificar alterações na textura dos materiais restauradores ao longo do período de submersão em ambiente aquático natural. Para essa análise, utilizou-se um rugosímetro do tipo perfilômetro (Hommel Tester T1000, Hommelwerke GmbH®, Schenningem, Alemanha), apresentado na Figura 07, sendo adotado o parâmetro R_a como medida quantitativa da irregularidade superficial.

Figura 07 – Rugosímetro utilizado para a avaliação da rugosidade superficial das amostras. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

O procedimento de leitura baseou-se no contato direto de uma ponta de diamante com a superfície das amostras, promovendo o deslocamento controlado da agulha ao longo do material. Antes de cada leitura, as UE eram posicionadas de forma estável sob o sensor do equipamento, garantindo repetibilidade e precisão durante a coleta dos dados.

Para cada amostra, a rugosidade foi registrada em três pontos distintos da superfície, distribuídos entre a região central e as porções laterais. Essa estratégia permitiu captar possíveis variações locais decorrentes do processo de desgaste ou degradação superficial. Em cada varredura, a agulha percorreu um trajeto linear de 2 mm, com cut-off de 0,250 mm, mantendo sempre o mesmo sentido de deslocamento ao longo da superfície analisada.

A partir desse percurso, o equipamento registrou as irregularidades presentes na superfície, como elevações e depressões microscópicas, relacionadas às condições do material após o período de imersão. O valor final de rugosidade superficial (R_a) atribuído a cada unidade experimental correspondeu à média das três leituras realizadas.

As medições de rugosidade foram realizadas em quatro momentos experimentais: antes da submersão das amostras (T0) e após 1 mês (T1), 3 meses (T2) e 6 meses (T3) de permanência em ambiente aquático natural. As avaliações abrangeram tanto os grupos fixos quanto o grupo de repetição, possibilitando a análise das alterações superficiais dos materiais ao longo do tempo de exposição.

4.6.3 Microdureza Vickers

A microdureza dos materiais restauradores foi avaliada por meio do método Vickers, utilizando um microdurômetro Shimadzu HMV-G205T (Kyoto, Japão), ilustrado na Figura 08. A escolha das cargas aplicadas levou em consideração a diferença de resistência entre os materiais analisados, de modo a evitar deformações excessivas ou leituras imprecisas. Para os materiais de menor dureza, resina composta, resina acrílica e cimento de ionômero de vidro foi utilizada uma carga de 0,2452 N aplicada por 5 segundos. Já para os materiais de maior

resistência, cerâmica e zircônia, empregou-se uma carga de 9,807 N com tempo de aplicação de 10 segundos.

Embora o teste de microdureza Knoop seja frequentemente empregado na avaliação de materiais restauradores à base de resina devido à menor profundidade de indentação, o método Vickers foi selecionado neste estudo por permitir a análise comparativa de materiais com diferentes níveis de dureza utilizando um único protocolo experimental. Além disso, o indentador piramidal do método Vickers possibilita medições confiáveis em uma ampla variedade de materiais odontológicos, incluindo compósitos, ionômeros e cerâmicas, sendo amplamente utilizado em estudos de caracterização mecânica desses materiais.

Figura 08 – Microdurômetro Shimadzu HMV-G205T utilizado para a realização dos ensaios de microdureza Vickers. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

O ensaio baseou-se na penetração controlada de uma ponta de diamante com geometria piramidal quadrada sobre a superfície das amostras, resultando na formação de uma impressão característica do método Vickers. Para cada UE, foram realizadas três indentações em pontos distintos da superfície, a primeira indentação

foi posicionada na região central da amostra, a segunda a 1 mm de distância da primeira e a terceira a 2 mm da indentação inicial, mantendo alinhamento uniforme e distância mínima da borda.

Os valores de microdureza foram obtidos automaticamente pelo equipamento, sendo considerado, para cada amostra, o valor médio das três medições realizadas. As análises foram conduzidas antes da submersão das amostras (T0) e após 1 mês (T1), 3 meses (T2) e 6 meses (T3) de exposição ao ambiente aquático natural, incluindo tanto os grupos fixos quanto o grupo de repetição, o que permitiu acompanhar as alterações dos materiais ao longo do tempo.

4.6.4 Monitoramento físico-químico do meio aquático

Durante o período experimental, foram realizadas análises físico-químicas mensais da água do açude Criancó, local onde os corpos de prova permaneceram submersos. O monitoramento teve como objetivo caracterizar o meio aquático e acompanhar possíveis variações ambientais capazes de influenciar a estabilidade dos materiais odontológicos avaliados.

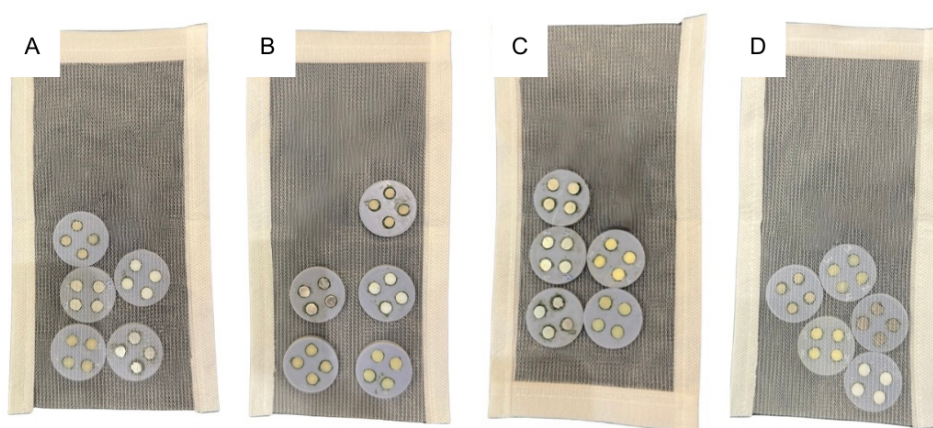
As coletas foram realizadas no centro do açude, com periodicidade mensal, totalizando seis análises no período de julho a dezembro de 2025. As amostras foram encaminhadas a laboratório especializado para determinação dos parâmetros físico-químicos.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, cloretos, dureza total, ferro total, alcalinidade, cálcio, magnésio, nitratos, nitritos e fluoretos, além de características organolépticas, conforme metodologia baseada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23^a edição (2017). O acompanhamento desses parâmetros permitiu a caracterização ambiental do meio de submersão e a posterior interpretação das alterações observadas nos materiais sob perspectiva forense.

4.7 Ambiente experimental e protocolo de submersão

Após a conclusão das etapas de preparo das amostras e das análises iniciais, os discos contendo as unidades experimentais foram organizados individualmente em bolsas permeáveis (Figura 09), possibilitando a livre circulação da água ao redor das amostras e, ao mesmo tempo, mantendo a separação e a identificação dos diferentes grupos experimentais. Cada bolsa foi devidamente identificada, permitindo o controle do material e do tempo de exposição correspondente.

Figura 09 – Figura X – Organização dos discos contendo as unidades experimentais nas bolsas permeáveis destinadas à submersão em ambiente aquático natural. (A) Grupo T1 – 1 mês; (B) Grupo T2 – 3 meses; (C) Grupo T3 – 6 meses; (D) Grupo Repetição. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

As bolsas foram acondicionadas no interior de uma gaiola confeccionada em material resistente à ação contínua da água, a qual foi submersa no açude a uma profundidade aproximada de 6 metros. Para garantir a estabilidade do sistema e evitar deslocamentos ao longo do período experimental, a gaiola foi fixada por meio de pesos e conectada a uma corda (Figura 10), cuja extremidade superior foi fixada a uma garrafa PET flutuante, utilizada como sinalizador. O acesso ao ponto de instalação da gaiola e às etapas de retirada das amostras foi realizado com o auxílio de uma embarcação do tipo canoa, permitindo o deslocamento até o local de submersão (Figura 11).

Figura 10 – (a) Amostras dentro da gaiola; (b) Sistema de ancoragem; (c) Sinalização utilizada. Ceará, 2026.



(a)

(b)

(c)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

O conjunto permaneceu submerso durante todo o período experimental, sendo acessado exclusivamente nos tempos previamente estabelecidos para a retirada das amostras destinadas às análises. Essa estratégia permitiu que as UE permanecessem expostas de forma contínua às condições naturais do ambiente aquático, como variações de temperatura, luminosidade, composição da água e presença de microrganismos, sem interferências externas ou manipulações indevidas.

Figura 11 – (a) Canoa utilizada para o acesso até o local de submersão da gaiola durante as etapas de instalação e coleta das amostras; (b) Submersão da gaiola no açude. Ceará, 2026.



(a)

(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Durante a coleta, as amostras foram retiradas da gaiola e imediatamente acondicionadas em um recipiente contendo água do próprio açude, permanecendo totalmente imersas durante todo o transporte até o laboratório, com o objetivo de preservar as condições ambientais às quais estavam expostas. As amostras não foram submetidas a procedimentos de limpeza antes das análises, de modo a manter eventuais depósitos, biofilme ou alterações superficiais decorrentes da exposição ao ambiente aquático natural.

4.8 Análise estatística

Os dados obtidos em cada análise foram tabulados em Microsoft Excel, exportados para o GraphPad Prism 5.0 no qual as análises foram realizadas adotando uma confiança de 95%. Os dados foram expressos em forma de média e desvio padrão, submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e comparados por meio do teste ANOVA/Bonferroni (dados paramétricos) ou Kruskal-Wallis/Dunn (dados não paramétricos).

5. RESULTADOS

5.1 Análise físico-química da água do açude

Foram realizadas análises físico químicas mensais da água do Açude Criancó ao longo do período em que os corpos de prova permaneceram submersos. As coletas ocorreram entre julho e dezembro de 2025, sempre no centro do açude e em água bruta, caracterizando as condições reais às quais os materiais ficaram expostos. Os parâmetros avaliados incluíram temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, cloretos, dureza total e ferro total, permitindo a caracterização da mineralização, carga iônica e potencial químico do ambiente. A Tabela 03 apresenta os valores determinados ao longo dos seis meses de submersão.

Tabela 02 – Caracterização físico-química da água do açude Criancó durante o período experimental de submersão (julho a dezembro de 2025). Valores mensais de temperatura, pH, condutividade

elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, cloretos, dureza total e ferro total determinados por análise laboratorial. Ceará, 2026.

Mês	Temperatura (°C)	pH	Condutividade (mS/cm)	Turbidez (UNT)	Sólidos Dissolvidos (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	Ferro Total (mg/L)
<i>Julho</i>	26	7,2	1,54	2,79	1001	617,54	426,46	0,97
<i>Agosto</i>	28	7,56	1,56	2,76	1014	634,15	441,01	0,28
<i>Setembro</i>	28	7,33	1,88	3,08	1222	587,42	430,94	0,96
<i>Outubro</i>	28	6,58	1,99	5,63	1293,5	707,26	449,44	0,58
<i>Novembro</i>	28	6,67	2,04	2,54	1326	654,71	416,16	0,46
<i>Dezembro</i>	28	6,84	2,122	3,92	1379,3	789,03	421,21	0,18

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

De modo geral, a temperatura da água manteve-se estável, variando entre 26 e 28 graus Celsius. O pH permaneceu dentro da faixa recomendada, oscilando aproximadamente entre 6,6 e 7,5 ao longo dos meses. A turbidez foi baixa na maior parte do período, ficando abaixo de 5 UNT.

As análises também mostraram concentrações elevadas de cloretos, dureza total e sólidos dissolvidos em todas as coletas, sempre acima dos valores máximos recomendados pela Portaria 888 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). O ferro total ultrapassou o limite em alguns meses, principalmente em julho, setembro e outubro, enquanto a condutividade elétrica se manteve relativamente alta e constante, indicando presença significativa de sais dissolvidos na água.

Além dos parâmetros físico-químicos principais, foram avaliadas variáveis complementares com o objetivo de ampliar a caracterização ambiental do meio aquático. A Tabela 03 apresenta os valores de alcalinidade total, concentrações de cálcio e magnésio, nitratos, nitritos, fluoretos e características organolépticas da água durante os seis meses de submersão.

Observou-se estabilidade da alcalinidade ao longo do período, sugerindo capacidade tamponante do meio. As concentrações de cálcio e magnésio mantiveram-se elevadas, contribuindo para a alta dureza da água e indicando potencial para deposição mineral sobre superfícies submersas.

Os níveis de nitratos e a presença de água corada reforçam o caráter natural e biologicamente ativo do ambiente, aproximando o modelo experimental das condições reais de submersão em açudes utilizados como locais de desova de

corpos. Essas variáveis complementares contribuem para a compreensão do contexto ambiental no qual ocorreram as alterações observadas nos materiais odontológicos, fortalecendo a interpretação pericial dos resultados.

Tabela 03 – Parâmetros complementares de caracterização ambiental da água do açude Criancó durante o período experimental (julho a dezembro de 2025), incluindo alcalinidade total, cálcio, magnésio, nitratos, nitritos, fluoretos e aspectos organolépticos. Ceará, 2026.

Mês	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Fluoretos (mg/L)	Aspecto
<i>Julho</i>	101,29	52,18	72,29	1,18	<0,01	0,49	Corado
<i>Agosto</i>	97,71	50,58	76,87	0,98	<0,01	0,36	Levemente corado
<i>Setembro</i>	100,04	56,67	70,76	1,36	<0,01	0,44	Corado
<i>Outubro</i>	107,19	58,28	74,21	0,53	<0,01	0,48	Corado
<i>Novembro</i>	103,02	60,12	64,36	0,69	<0,01	0,42	Corado
<i>Dezembro</i>	105,66	62,68	64,02	1,08	<0,01	0,26	Levemente corado

Fonte: Arquivo pessoal do autor. Ceará, 2026.

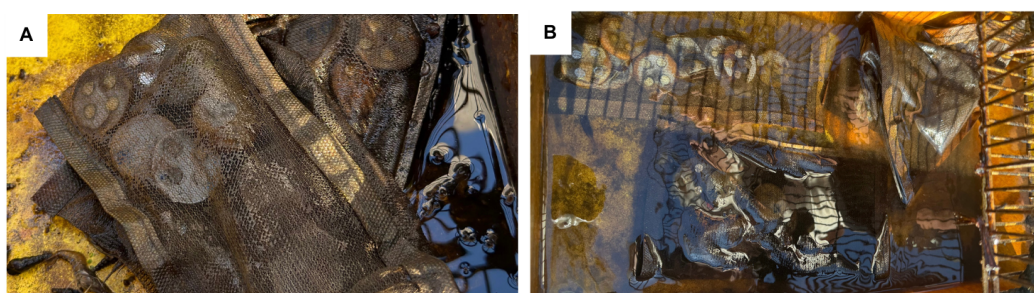
Essas características indicam que os materiais permaneceram em um ambiente aquático com alta mineralização e variações naturais de qualidade da água, condições importantes para interpretar as alterações observadas nos parâmetros de cor, rugosidade e microdureza ao longo do tempo.

Após os períodos de submersão e durante as etapas de retirada das amostras, foi possível observar alterações visuais evidentes nas condições dos discos e das unidades experimentais. De modo geral, todas as amostras apresentavam algum grau de sujidade superficial, com presença de material orgânico aderido, compatível com o ambiente aquático natural no qual permaneceram submersas.

Observou-se a formação de lodo (material composto principalmente por partículas sólidas em suspensão em água) sobre as bolsas permeáveis e sobre a superfície externa dos discos, além da presença de biofilme e partículas sedimentadas. Durante as retiradas, também foi constatada a presença de pequenos organismos aquáticos no entorno do sistema de submersão, evidenciando a interação direta das amostras com o ecossistema local.

Essas condições reforçam que as unidades experimentais permaneceram expostas de forma contínua às características naturais do ambiente aquático, incluindo matéria orgânica, microrganismos e organismos vivos, sem qualquer tipo de isolamento artificial. As imagens registradas durante as etapas de retirada ilustram o aspecto geral das amostras após submersão (Figura 12).

Figura 12 – Aspecto visual das amostras após submersão; (a e b) imagens da gaiola de contenção no momento da remoção do meio aquático, demonstrando a presença de organismos vivos e a exposição contínua às condições naturais do açude. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

De modo geral, todos os materiais sofreram alterações devido ao tempo submerso da água, mas não dentro do mesmo padrão de modificação. Alguns sofreram alterações mais evidentes do que outros e as imagens registradas durante as etapas de retirada ilustram o aspecto geral das amostras ao longo dos 6 meses após submersão (Figura 13). Os materiais de natureza vítrea e polimérica foram os que mais sofreram alterações visuais perceptíveis ao longo dos meses, enquanto a cerâmica e zircônia se mantiveram macroscopicamente mais estáveis durante todo o período de imersão (Tabela 02).

Figura 13 – Aspecto macroscópico dos discos contendo os cinco materiais restauradores após submersão em ambiente aquático natural nos diferentes períodos experimentais. (A) Após 1 mês – Grupo T1 e Grupo Repetição; (B) Após 3 meses – Grupo T2 e Grupo Repetição; (C) Após 6 meses – Grupo T3 e Grupo Repetição. Observa-se a presença de deposição superficial e alterações visuais progressivas ao longo do tempo de exposição. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

5.2 Estabilidade de cor (ΔE)

A estabilidade de cor foi avaliada utilizando o sistema CIE Lab*. Para cada material, os valores de ΔE foram calculados sempre em relação ao tempo inicial T0, permitindo acompanhar como a cor se modificou ao longo de 1, 3 e 6 meses de submersão no açude. Os valores médios e a análise estatística estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 04 – Valores médios ($\pm$ EPM) de alteração de cor (ΔE) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.

Delta E	Período				p-Valor
	0m	1m	3m	6m	
Ceramics	0	12.130 $\pm$ 2.445Aa	19.100 $\pm$ 3.863Aa	22.430 $\pm$ 6.525Aa	0,292
Acrylic resin	0	8.346 $\pm$ 1.107Aa	7.110 $\pm$ 0.617Aa	9.179 $\pm$ 3.088Aa	0,750
Composite resin	0	11.400 $\pm$ 0.422Aa	19.970 $\pm$ 3.966Ab	19.580 $\pm$ 1.851Ab	0,044
Glass ionomer	0	18.460 $\pm$ 2.579Ba	39.670 $\pm$ 4.223Bb	37.980 $\pm$ 9.979Bb	0,036
Zirconia	0	4.629 $\pm$ 0.927Ca	19.690 $\pm$ 3.920Ab	30.910 $\pm$ 5.405Bc	<0,001
p-Valor	-	<0,001	<0,001	0,017	

*p<0,05, 2-way-ANOVA/Bonferroni (média $\pm$ EPM).

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

De maneira geral, todas as amostras apresentaram alteração de cor ao longo do tempo dentro da água. Já no primeiro mês T1 foi possível perceber mudanças cromáticas em praticamente todos os materiais, o que indica que o ambiente

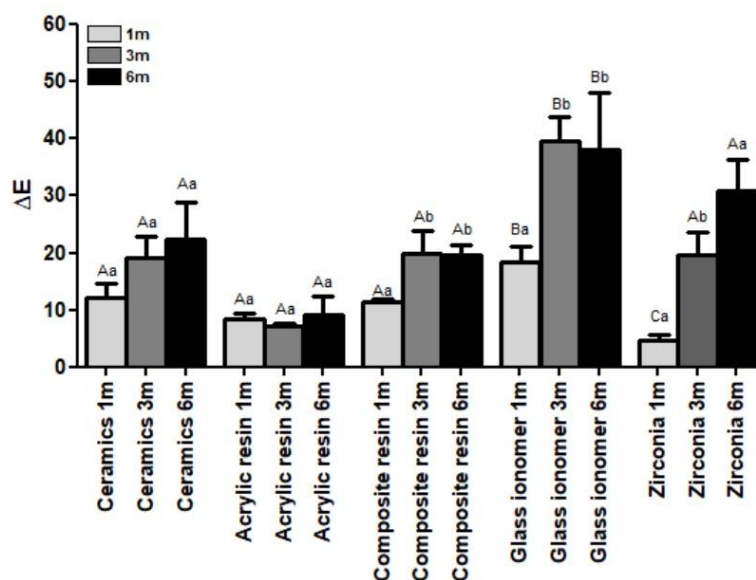
aquático exerceu influência direta sobre suas propriedades visuais.

A análise estatística demonstrou diferença estatisticamente significativa ao longo do tempo para a resina composta, o ionômero de vidro e a zircônia ($p < 0,05$), indicando aumento significativo dos valores de ΔE ao longo dos períodos avaliados. Para a cerâmica e a resina acrílica, apesar do aumento numérico dos valores de ΔE observado ao longo do tempo, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas entre os períodos analisados ($p > 0,05$).

Entre os materiais avaliados, o ionômero de vidro apresentou os maiores valores de ΔE ao final de seis meses de submersão. A resina acrílica e a resina composta também apresentaram elevação dos valores de ΔE ao longo do tempo, porém sem diferença estatística significativa no caso da resina acrílica. A cerâmica e a zircônia apresentaram os menores valores de alteração de cor em todos os períodos avaliados, indicando maior estabilidade cromática ao longo do período experimental.

A comparação entre o grupo fixo e o grupo de repetição não evidenciou diferenças relevantes nos valores de ΔE para nenhum dos materiais e tempos analisados, demonstrando padrão de alteração semelhante entre os grupos ao longo do período experimental. O padrão de alteração cromática desses materiais quanto à alteração de cor ao longo do tempo está ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Valores de alteração de cor (ΔE) de materiais odontológicos ao longo do tempo de submersão em água doce. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Legenda: Ceramics - Cerâmica, Acrylic Resin - Resina Acrílica, Composite Resin - Resina Composta, Glass ionomer - Ionômero de Vidro, Zirconia - Zircônia. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os materiais no mesmo período de avaliação, enquanto letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de avaliação dentro do mesmo material.

5.3 Rugosidade superficial (Ra)

A rugosidade superficial dos materiais odontológicos foi avaliada por meio do parâmetro Ra nos tempos inicial (T0), após 1 mês (T1), 3 meses (T2) e 6 meses (T3) de submersão em água doce. Os valores médios obtidos e a análise estatística estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios de rugosidade superficial (Ra) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.

Período					
Rugosidade	0m	1m	3m	6m	p-Valor
Ceramics	0.081±0.046Aa	0.063±0.006Aa	0.121±0.050Aa	0.135±0.021Aa	0,671
Acrylic resin	0.076±0.007Aa	0.096±0.017Aa	0.113±0.023Aa	0.157±0.025Ab	0,007
Composite resin	0.057±0.004Aa	0.081±0.011Aa	0.094±0.019Aa	0.406±0.121Bb	<0,001
Glass ionomer	0.291±0.025Ba	0.464±0.058Ba	0.503±0.050Ba	0.989±0.188Cb	<0,001
Zirconia	0.299±0.029Ba	0.294±0.041Ba	0.469±0.060Bb	0.509±0.064Bb	0,002
p-Valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
*p<0,05, 2-way-ANOVA/Bonferroni (média±EPM).					

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

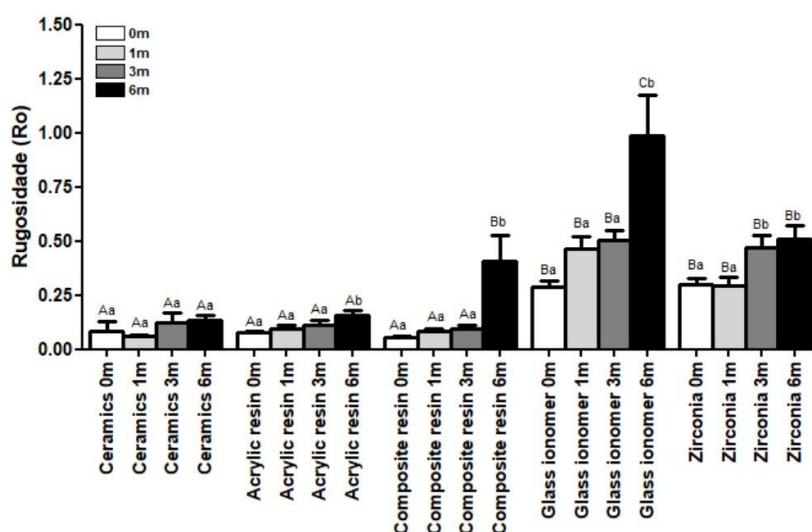
De maneira geral, observou-se aumento dos valores de rugosidade superficial ao longo do tempo de submersão para a maioria dos materiais avaliados. Alterações já puderam ser identificadas no primeiro mês, tornando-se mais evidentes nos períodos de três e seis meses.

A análise estatística demonstrou diferença estatisticamente significativa ao longo do tempo para a resina acrílica, a resina composta, o ionômero de vidro e a zircônia ($p < 0,05$). Esses materiais apresentaram aumento significativo dos valores de Ra com o avanço do tempo de submersão. O ionômero de vidro apresentou os maiores valores de rugosidade superficial ao final de seis meses, seguido pela resina acrílica.

A cerâmica não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tempos avaliados ($p > 0,05$), apesar das variações numéricas observadas ao longo do período experimental.

Entre os materiais analisados, a resina acrílica e a zircônia apresentaram menores variações nos valores de rugosidade superficial entre os tempos inicial e final de submersão. A comparação entre o grupo fixo e o grupo de repetição não evidenciou diferenças relevantes nos valores de Ra para nenhum dos materiais e tempos avaliados. O padrão de alteração da rugosidade superficial dos materiais ao longo do tempo de submersão está ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Rugosidade superficial (Ra) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Legenda: Ceramics - Cerâmica, Acrylic Resin - Resina Acrílica, Composite Resin - Resina Composta, Glass ionomer - Ionômero de Vidro, Zirconia - Zircônia. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os materiais no mesmo período de avaliação, enquanto letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de avaliação dentro do mesmo material.

O ionômero de vidro e a resina composta foram os materiais que apresentaram maior aumento de rugosidade ao longo dos meses, indicando maior sensibilidade a essas condições do meio aquático. A cerâmica também mostrou elevação dos valores de Ra com o tempo, porém em menor intensidade.

Por outro lado, a resina composta e a zircônia apresentaram menores variações de rugosidade entre T0 e T3, sugerindo maior resistência às alterações provocadas pela água do açude.

Ao comparar o grupo fixo com o grupo de repetição, não foram observadas diferenças relevantes nos valores de Ra em nenhum dos tempos avaliados, indicando que a retirada e o retorno das amostras ao ambiente aquático não influenciaram de forma significativa as alterações de superfície.

Esses resultados mostram que a submersão prolongada em um ambiente

aquático natural e mineralizado promove mudanças mensuráveis na superfície dos materiais odontológicos, e que essas alterações variam conforme a natureza de cada material.

5.4 Microdureza Vickers (VH)

A microdureza dos materiais foi avaliada pelo método Vickers nos tempos T0, T1, T2 e T3, permitindo acompanhar como a resistência superficial das amostras se comportaram ao longo de seis meses de submersão no açude. De maneira geral, observou-se uma redução progressiva dos valores de microdureza na maioria dos materiais conforme o tempo de imersão avançou. Os valores médios obtidos e a análise estatística estão apresentados na Tabela 6. Já no primeiro mês T1 algumas quedas puderam ser percebidas, e essas alterações ficaram mais evidentes em T2 e T3. A Figura 16 apresenta imagem representativa da indentação Vickers obtida em amostra do grupo T2, evidenciando a formação da impressão geometria piramidal quadrada característica do ensaio.

Tabela 6 – Valores médios de microdureza Vickers (VH) dos materiais odontológicos nos diferentes períodos de submersão em água doce, bem como a análise estatística (ANOVA dois fatores e pós-teste de Bonferroni). Ceará, 2026.

Microdureza	Período				p-Valor
	0m	1m	3m	6m	
Ceramics	483.700±7.660Aa	518.700±150.200Aa	592.900±11.510Aa	673.600±30.010Ab	0,010
Acrylic resin	40.470±1.191Ba	39.270±4.062Ba	69.340±6.413Ba	31.500±2.446Ba	<0,001
Composite resin	204.600±28.750Ca	122.000±14.580Ba	139.900±7.557Ba	86.940±20.310Bb	0,010
Glass ionomer	145.000±6.977Ca	92.810±5.678Ba	113.100±12.130Ba	68.450±7.155Bb	<0,001
Zirconia	1664.000±40.740Da	1588.000±21.650Ca	1562.000±24.190Ca	1744.000±62.890Cb	0,021
p-Valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

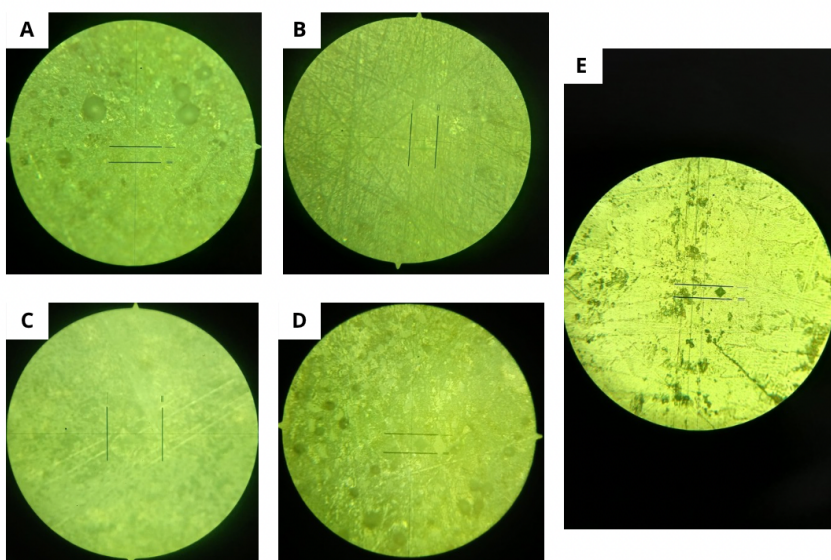
*p<0,05, 2-way-ANOVA/Bonferroni (média±EPM).

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Esse padrão pode estar relacionado às condições da água do açude, que apresentou alta mineralização, com concentrações elevadas de cloretos, dureza total e sólidos dissolvidos durante todo o período do experimento. Esse tipo de ambiente aquático pode favorecer processos de degradação superficial e alterações

na estrutura dos materiais, contribuindo para a redução da microdureza ao longo do tempo.

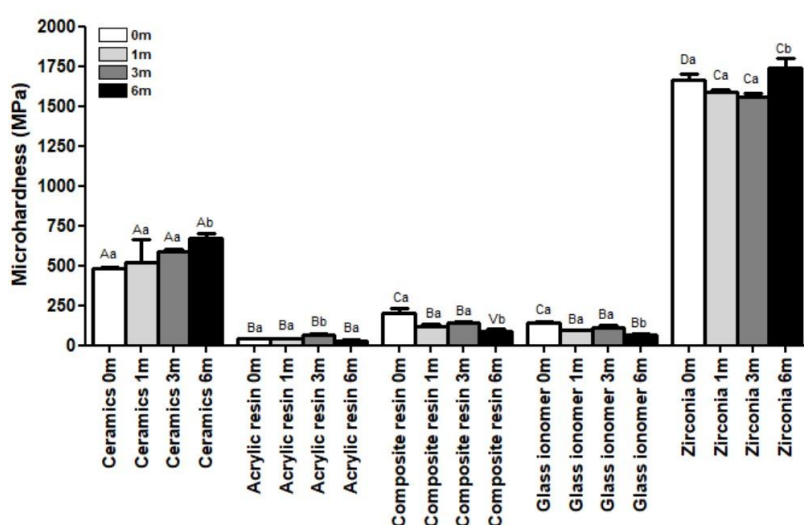
Figura 16 - Indentações Vickers representativas dos materiais avaliados no tempo T1: (a) ionômero de vidro; (b) resina acrílica; (c) cerâmica; (d) resina composta; (e) zircônia. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Observou-se que o tempo e o tipo de material influenciaram significativamente os valores de microdureza ($p < 0,05$). A cerâmica apresentou aumento progressivo da microdureza ao longo do tempo, enquanto a resina acrílica, a resina composta e o ionômero de vidro apresentaram redução dos valores após a submersão. A zircônia apresentou os maiores valores de microdureza em todos os períodos avaliados, com variações significativas entre os tempos, conforme observado na figura 17.

Figura 17 – Microdureza dos diferentes materiais odontológicos ao longo do tempo de submersão. Ceará, 2026.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Legenda: Ceramics - Cerâmica, Acrylic Resin - Resina Acrílica, Composite Resin - Resina Composta, Glass ionomer - Ionômero de Vidro, Zirconia - Zircônia. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os materiais no mesmo período de avaliação, enquanto letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tempos de avaliação dentro do mesmo material.

O ionômero de vidro e a resina acrílica foram os materiais que apresentaram as maiores quedas de microdureza até seis meses, indicando maior sensibilidade à exposição prolongada à água do açude. Por outro lado, a zircônia se destacou por manter valores mais estáveis ao longo de todos os tempos avaliados, mesmo em um ambiente aquático com alta concentração de sais dissolvidos. Isso sugere maior resistência desses materiais às condições do meio.

Ao comparar o grupo fixo com o grupo de repetição, não foram observadas diferenças relevantes nos valores de microdureza, indicando que a retirada e o retorno das amostras ao ambiente aquático não interferiram de forma significativa nos resultados.

Esses achados mostram que a microdureza é um parâmetro sensível ao tempo de submersão e às características do ambiente aquático, podendo auxiliar na interpretação das alterações sofridas pelos materiais odontológicos ao longo do tempo.

De forma geral, os resultados mostraram que o tempo de submersão no açude

influenciou as propriedades dos materiais odontológicos avaliados. As alterações observadas em cor, rugosidade e microdureza ocorreram de maneira progressiva ao longo dos seis meses e variaram conforme o tipo de material analisado. O grupo de repetição apresentou padrão semelhante ao grupo fixo em todos os parâmetros, indicando que a retirada e o retorno das amostras ao ambiente aquático não interferiram de maneira relevante nos resultados.

A compreensão do padrão observável ao longo do tempo desses materiais é crucial para a perícia odontológica, uma vez que a preservação ou alteração de suas características pode influenciar diretamente e definir os processos de identificação humana e a estimativa de intervalo *post-mortem*.

Em síntese, os dados elucidam que os materiais dentários como a Cerâmica e a Resina Acrílica mantiveram estabilidade estatística ao longo do período em avaliação, sugerindo uma matriz mais estável frente às condições do meio ambiente em questão. Paralelamente, o Ionômero de Vidro exibiu a maior instabilidade cromática e a Zircônia, embora apresentasse a maior fidelidade inicial, sofreu uma degradação cromática progressiva e severa, o que indica que, apesar de sua resistência mecânica, suas propriedades ópticas são sensíveis à exposição prolongada.

A Zircônia consolidou-se como o material de maior dureza, apresentando, inclusive, um aumento significativo aos seis meses, enquanto que a Cerâmica seguiu tendência similar, com incremento de dureza no último período avaliado. Já a Resina Composta e o Ionômero de Vidro apresentaram perdas significativas de dureza ao final do período avaliado. A Resina Acrílica, apesar de flutuações, encerrou o período com redução de dureza em relação ao terceiro mês, reafirmando sua fragilidade estrutural em termos periciais.

A discrepância apresentada entre os materiais foram acentuadas, sendo que a Cerâmica foi o único material que não apresentou alteração estatisticamente relevante na rugosidade, mantendo-se íntegra durante todo o experimento. O Ionômero de Vidro demonstrou a maior vulnerabilidade, com a rugosidade elevando-se drasticamente enquanto que a Zircônia e a Resina Composta mostraram aumentos significativos na rugosidade após os três meses, com a Resina

Composta apresentando um salto expressivo no último período, o que sugere que a degradação superficial desses materiais ocorre de forma não linear.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o padrão de alteração de cinco materiais restauradores odontológicos submetidos à submersão prolongada em ambiente aquático natural, analisando microdureza, rugosidade superficial e alteração de cor ao longo de seis meses. Diferentemente da maioria dos estudos experimentais disponíveis na literatura, que utilizam água destilada, solução salina ou protocolos acelerados de envelhecimento, a presente pesquisa foi conduzida em água bruta de açude, previamente caracterizada quanto aos seus parâmetros físico-químicos. As análises laboratoriais evidenciaram elevadas concentrações de cloretos, dureza total acima dos valores recomendados para potabilidade, altos níveis de sólidos dissolvidos totais e presença variável de ferro ao longo dos meses. Esse perfil indica um meio mineralizado e quimicamente ativo, mais próximo das condições reais observadas em contextos forenses de submersão, o que amplia a relevância externa dos achados (GOPAKUMAR et al., 2025; AUDERSET et al., 2022; SIMÕES-CARVALHO et al., 2025; MAIER et al., 2024).

Sob a perspectiva da Odontologia Legal, esse aspecto assume especial relevância, uma vez que a maioria dos modelos experimentais descritos na literatura utiliza ambientes laboratoriais controlados. Quando materiais restauradores são expostos a ambientes naturais, a interação deixa de ser exclusivamente hidrolítica e passa a envolver deposição mineral, variação de pH, atividade microbiana e processos eletroquímicos. Estudos que simularam submersão real ou enterramento já demonstraram que esses fatores podem alterar significativamente as propriedades superficiais e ópticas das restaurações (VINCENTI et al., 2018; SALEMA et al., 2020). Dessa forma, a utilização de um ambiente aquático natural previamente caracterizado constitui uma das principais contribuições do presente estudo, pois amplia a aplicabilidade dos achados em contextos reais de investigação forense e sugere que alterações físico-mecânicas e cromáticas de materiais restauradores podem representar indicadores auxiliares na estimativa do tempo de submersão, especialmente quando avaliadas de forma comparativa e longitudinal.

A resina acrílica apresentou baixos valores iniciais de microdureza e relativa estabilidade ao longo do período experimental. O discreto aumento de rugosidade observado no presente estudo pode estar relacionado à absorção de água e à

lixiviação superficial de componentes solúveis, conforme descrito em pesquisas sobre envelhecimento aquoso de bases acrílicas. Entretanto, quando comparada aos demais materiais avaliados, a resina acrílica apresentou menor progressão gradativa das alterações, sugerindo que sua estrutura relativamente homogênea pode conferir menor suscetibilidade à degradação interfacial. Estudos recentes sobre resinas poliméricas demonstram que a sorção hídrica promove expansão higroscópica inicial, seguida por estabilização da estrutura após saturação da matriz (GAD et al., 2022; FEILZER et al., 2024; WEI et al., 2011; MOMOI; MCCABE, 1994; BOCLONG et al., 2017).

A resina composta demonstrou redução de microdureza ao longo do tempo, especialmente no período de seis meses, acompanhada por aumento significativo da rugosidade superficial e progressiva alteração de cor. Esses achados estão alinhados com estudos que descrevem degradação hidrolítica da matriz orgânica, plastificação e comprometimento da interface carga-matriz em meio aquoso (MISILLI et al., 2017; ALSHALI et al., 2018). A literatura aponta que a difusão de água no interior da matriz resinosa promove enfraquecimento das ligações silano-carga, favorecendo o surgimento de microfissuras e o aumento da rugosidade, o que pode explicar a redução observada na microdureza. Esse processo ocorre porque a água penetra na estrutura polimérica, plastifica a matriz e compromete a interface carga-resina, podendo ser intensificado em ambientes ricos em íons, como o observado no presente estudo. Além disso, estudos recentes sobre estabilidade cromática em envelhecimento hídrico relatam que a absorção de água facilita a incorporação de pigmentos e promove alterações nas propriedades ópticas do material (MAZZITELLI et al., 2023; HUANG et al., 2022; PYSZKA et al., 2025). Considerando a elevada concentração de cloretos e sólidos dissolvidos na água analisada, é possível que a presença de íons tenha potencializado os mecanismos de degradação descritos na literatura, reforçando a influência do ambiente natural no padrão de alteração do compósito e contribuindo para a alteração de cor observada.

O ionômero de vidro foi o material que apresentou maior aumento de rugosidade e maior variação de ΔE ao longo do tempo. A literatura demonstra que esse material é particularmente sensível à exposição hídrica prolongada, devido à sua matriz ácido-base, que pode sofrer dissolução superficial e liberação iônica

quando submetida a variações ambientais (NAKSAGOON et al., 2020). Estudos sobre envelhecimento aquoso e degradação ambiental indicam que a exposição contínua à água pode comprometer a integridade superficial do ionômero, aumentando sua rugosidade e favorecendo alteração cromática (ZHOU et al., 2018; CERGHEDI et al., 2022; CARVALHO et al., 2012; ARMAS-VEGA et al., 2019). Esse padrão reforça a maior vulnerabilidade do material à exposição hídrica prolongada, uma vez que sua matriz ácido-base pode sofrer dissolução superficial contínua, especialmente quando há variação ambiental e presença de íons metálicos. Naksagoon et al. (2020) demonstraram ainda que o envelhecimento em água pode modificar não apenas propriedades superficiais, mas também características biológicas do material. No presente estudo, a presença de ferro dissolvido na água do açude pode ter contribuído significativamente para o manchamento observado, tornando a pigmentação superficial mais provável e explicando os elevados valores de ΔE registrados aos seis meses. Esse resultado sugere que, em ambiente natural, o ionômero apresenta degradação mais acentuada do que aquela relatada em modelos laboratoriais simplificados.

No caso da cerâmica, observou-se estabilidade da microdureza ao longo dos seis meses, com variações discretas e sem redução significativa dos valores. Esse achado está em consonância com estudos sobre envelhecimento hidrotérmico de cerâmicas odontológicas, que demonstram elevada resistência estrutural mesmo após exposição prolongada à umidade (PEAMPRING et al., 2022; ZHANG et al., 2020; KOHORST et al., 2012; GRÉMILLARD et al., 2017). No entanto, foi identificado aumento progressivo da alteração de cor. Considerando a presença de ferro e altos sólidos dissolvidos na água do açude, é plausível que o aumento do ΔE esteja associado predominantemente à deposição superficial de minerais, caracterizando manchamento extrínseco e não degradação estrutural intrínseca. Esse achado aponta para um processo de pigmentação extrínseca, decorrente da adsorção e precipitação de íons na superfície do material, mais do que para uma degradação estrutural intrínseca da matriz orgânica ou da interface matriz-carga.

A zircônia apresentou os maiores valores de microdureza entre todos os materiais e manteve estabilidade estrutural ao longo do período experimental, corroborando revisões que destacam sua elevada resistência mecânica e

estabilidade química (SOUZA et al., 2020). No entanto, houve aumento progressivo de rugosidade e alteração de cor. Estudos sobre envelhecimento hidrotérmico da zircônia indicam que, embora a estrutura cristalina seja altamente estável, pode ocorrer transformação superficial induzida por umidade prolongada, com impacto na topografia superficial (PEAMPRING et al., 2022). Além disso, em ambientes ricos em minerais, depósitos superficiais podem alterar propriedades ópticas sem comprometer a dureza. Assim, os resultados sugerem que a zircônia mantém integridade estrutural mesmo após seis meses de submersão, porém não é totalmente imune a alterações superficiais e cromáticas.

De maneira geral, os resultados demonstram que materiais resinosos e ionoméricos apresentaram maior suscetibilidade à degradação estrutural progressiva, enquanto a cerâmica e a zircônia mantiveram estabilidade mecânica, embora com alterações ópticas. Esse padrão é coerente com revisões recentes em Odontologia forense, que destacam a importância das diferenças dos materiais restauradores na interpretação de cenários ambientais (KOHLI et al., 2025; NURWIDYASTUTI et al., 2025). Observou-se ainda que as alterações se tornaram mais evidentes aos seis meses, sugerindo caráter cumulativo do processo degradativo. Resultados semelhantes foram descritos por Vincenti et al. (2018), que, ao avaliarem materiais restauradores submetidos a condições simuladas de sepultamento em solo e submersão em água, observaram alterações cromáticas significativas ao longo do tempo, reforçando a sensibilidade óptica desses materiais frente a variações ambientais. Essa progressão também foi relatada em estudos que correlacionam propriedades mecânicas de materiais restauradores com tempo de submersão em ambiente marinho (SALEMA et al., 2020).

Sob a perspectiva da Odontologia Legal, os achados deste estudo assumem relevância prática. Pesquisas que avaliaram restaurações submetidas à imersão marinha demonstram que alterações mecânicas e superficiais tendem a apresentar padrão progressivo ao longo do tempo (SALEMA et al., 2020). Embora não seja possível estabelecer uma relação linear direta entre grau de alteração e tempo exato de submersão, o padrão cumulativo observado, especialmente com mudanças mais evidentes aos seis meses, sugere potencial aplicabilidade comparativa. Quando diferentes materiais coexistem na mesma arcada, o grau relativo de alteração entre

eles pode oferecer subsídios adicionais para a interpretação do intervalo de exposição (JANTARADA; CALDAS, 2025; MOREIRA et al., 2025; GOPAKUMAR et al., 2025).

Além disso, a degradação dos materiais não depende exclusivamente da ação da água, mas também da interação com microrganismos e das características químicas do meio (STEWART; FINER, 2019; ZHOU et al., 2025; DELAVIZ et al., 2013; ZHANG et al., 2017; GUO et al., 2022; SZCZESIO-WŁODARCZYK et al., 2020). Zhou et al. (2018) demonstraram que o envelhecimento associado à atividade microbiana produz efeitos distintos daqueles observados em água estéril, reforçando que modelos experimentais em ambientes naturais se aproximam mais da realidade pericial.

De forma integrada, os resultados indicam que materiais com matriz orgânica apresentam maior suscetibilidade à degradação estrutural progressiva, enquanto materiais cerâmicos tendem a manter maior estabilidade mecânica, ainda que com alterações ópticas superficiais. Essa diferença pode ser explorada como ferramenta auxiliar na análise forense de corpos submersos, sobretudo quando associado à caracterização físico-química do ambiente aquático.

A utilização de água natural previamente caracterizada constitui, portanto, um dos principais diferenciais deste estudo, ao permitir a observação das alterações dos materiais em condições mais próximas da realidade investigativa. Assim, a integração entre tempo de submersão, tipo de material restaurador e perfil químico do meio pode contribuir para interpretações mais fundamentadas em casos de corpos encontrados em reservatórios naturais, ampliando as possibilidades de atuação da Odontologia Legal na estimativa cronológica em contextos de submersão.

No contexto da cronotanatognose aplicada à Odontologia Legal, os resultados também permitem observar um padrão temporal de alterações nos materiais restauradores. Nos períodos iniciais de submersão, as mudanças tendem a ser discretas, frequentemente relacionadas à sorção hídrica e às primeiras interações químicas entre o material e o meio aquático. Com o aumento do tempo de exposição, especialmente a partir de três meses, tornam-se mais evidentes

alterações superficiais, como aumento de rugosidade e início de modificações cromáticas em materiais mais suscetíveis. Em períodos mais prolongados, como aos seis meses, observa-se intensificação dessas alterações, sobretudo em materiais com matriz orgânica, como resinas e ionômeros, que apresentam degradação estrutural mais pronunciada. Por outro lado, materiais cerâmicos e a zircônia tendem a manter maior estabilidade mecânica, apresentando predominantemente alterações superficiais e ópticas decorrentes da interação com o ambiente.

A análise dos resultados mostra que os materiais restauradores não se comportam da mesma forma quando submetidos à submersão, e isso pode ter implicações práticas na rotina pericial. Os materiais com matriz orgânica apresentaram maior sensibilidade às condições da água, com alterações progressivas principalmente em rugosidade e microdureza, enquanto os materiais cerâmicos mantiveram maior estabilidade estrutural, embora também tenham sofrido mudanças superficiais. Em uma situação real, a comparação entre diferentes restaurações na mesma arcada pode oferecer indícios relevantes sobre o tempo de exposição, desde que essa avaliação seja feita em conjunto com os demais achados do caso e com as características do ambiente. Observou-se ainda que nem todos os parâmetros avaliados têm o mesmo valor interpretativo para todos os materiais. Nas resinas e nos ionômeros, as alterações estruturais parecem ser mais sensíveis ao tempo de submersão, enquanto nas cerâmicas e na zircônia as mudanças superficiais e de cor refletem mais a interação com o meio do que uma perda mecânica significativa. Assim, a utilidade de cada teste depende do tipo de material presente, sendo a análise comparativa entre diferentes restaurações mais informativa do que a avaliação isolada de um único parâmetro, podendo contribuir de forma complementar para o raciocínio cronotanatológico.

7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que o tempo de submersão em ambiente aquático natural influenciou de maneira distinta as alterações dos materiais analisados. Em relação às propriedades avaliadas, observou-se aumento progressivo da rugosidade superficial e alterações cromáticas ao longo do período experimental, especialmente após seis meses de imersão. Materiais com matriz orgânica, como resina composta, ionômero de vidro e resina acrílica, apresentaram maior suscetibilidade às alterações estruturais, com aumento de rugosidade e variações de cor mais expressivas. Por outro lado, materiais cerâmicos, como a cerâmica odontológica e a zircônia, mantiveram maior estabilidade mecânica, apresentando microdureza mais estável ao longo do tempo, embora tenham demonstrado alterações superficiais e ópticas associadas à interação com o meio aquático.

A comparação entre os diferentes tempos avaliados indicou caráter progressivo das alterações observadas, evidenciando que o prolongamento do período de submersão contribui para intensificação das modificações nas propriedades dos materiais, sobretudo naqueles com matriz orgânica.

Dessa forma, conclui-se que a análise integrada das propriedades de microdureza, rugosidade superficial e alteração de cor, associada à comparação entre diferentes materiais restauradores e aos diferentes tempos de exposição, pode contribuir como ferramenta complementar na investigação forense de casos envolvendo corpos submersos. Os achados reforçam a importância da realização de estudos experimentais em ambientes aquáticos naturais, ampliando o conhecimento científico na área de Odontologia Legal e contribuindo para o desenvolvimento de parâmetros auxiliares na estimativa do tempo de submersão.

REFERÊNCIAS

- AL GHAZI, R.; GARDNER, A.; MOSSEY, P.; ABUALHIJA, D.; MCGREGOR, S.; MANICA, S. A scoping review of websites for forensic odontology training programs. **Journal of Forensic Odonto-Stomatology**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 87-102, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13474319>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ALENCAR, E.; FERREIRA, A. Human facial identification: dental activity, ethical and legal aspects. **International Journal of Health Science**, [s. l.], v. 3, n. 18, 2023. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/artigo-revista/identificacao-humana-facial-atividade-de-odontologica-aspectos-eticos-e-legais-2>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ALMEIDA SALEMA, C. F. B. de A. *et al.* Forensic study of mechanical properties of dental fillings after immersion in marine environment. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 313, p. 110362, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110362>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ALQAHTANI, S. *et al.* Under the lens: dental expert witnesses in Brazil, Croatia, Indonesia, Italy, Saudi Arabia, and the United Kingdom. **Journal of Forensic Dental Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 8-17, 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6080167/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ANGELAKOPOULOS, N. *et al.* Exploring global demographics of professionals in forensic odontology: a pilot study. **Forensic Science, Medicine and Pathology**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 1730-1742, 2025. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40314907/>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ANUSAVICE, K. J.; SHEN, C.; RAWLS, H. R. **Phillips' science of dental materials**. 12. ed. St. Louis: Elsevier, 2013. Disponível em: <https://shop.elsevier.com/books/phillips-science-of-dental-materials/anusavice/978-1-4377-2418-9>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- ARMAS-VEGA, A.; CASANOVA-OBANDO, P.; TABOADA-ALVEAR, M.; ALDAS-RAMÍREZ, J.; MONTERO-OLEAS, N.; VITERI-GARCÍA, A. Effect of mouthwashes on the integrity of composite resin and resin modified glass ionomer: in vitro study. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, [s. l.], v. 11, p. e179-e184, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4317/jced.55102>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- AUDERSET, F.; CONNERT, T.; MELLER, C.; FILIPPI, A.; DAGASSAN-BERNDT, D. Evaluation of five methods to identify composite restorations in human teeth on a forensic purpose: an ex vivo comparative study. **International Journal of Legal Medicine**, Berlin, v. 138, p. 85-96, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00414-022-02869-z>. Acesso em: 25 mar. 2026.
- BOCIONG, K.; SZCZESIO, A.; SOKOŁOWSKI, K.; DOMARECKA, M.; SOKOŁOWSKI, J.; KRASOWSKI, M.; LUKOMSKA-SZYMAŃSKA, M. The influence of water sorption of dental light-cured composites on shrinkage stress. **Materials**, Basel, v. 10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma10101142>. Acesso em: 25 mar. 2026.

BRASIL. Conselho Federal de Odontologia. Resolução CFO nº 63, de 19 de abril de 2005. Consolida as normas para procedimentos nos Conselhos de Odontologia.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 abr. 2005. Disponível em: https://website.cfo.org.br/wp-content/uploads/2009/10/resolucao_cfo_63_2005.pdf. Acesso em: 15 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 5.081, de 24 de agosto de 1966. Regula o exercício da Odontologia.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 26 ago. 1966. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5081.htm. Acesso em: 15 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial da União: seção 1**, Brasília, DF, 7 maio 2021.

Disponível em:

https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 25 mar. 2026.

CARVALHO, F.; SAMPAIO, C.; FÚCIO, S.; CARLO, H.; CORRER-SOBRINHO, L.; PUPPIN-RONTANI, R. Effect of chemical and mechanical degradation on surface roughness of three glass ionomers and a nanofilled resin composite. **Operative Dentistry**, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 509-517, 2012. Disponível em:

<https://doi.org/10.2341/10-406-l>. Acesso em: 25 mar. 2026.

CENGİZ, S.; SARAC, S.; ÖZCAN, M. Effects of simulated gastric juice on color stability, surface roughness and microhardness of laboratory-processed composites.

Dental Materials Journal, Tokyo, v. 33, n. 3, p. 343-348, 2014. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24882109/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

CERGHEDI, A.; SZÉKELY, M.; MOLNAR-VARLAM, C. The behavior of aesthetic restoration materials under extreme conditions: in vitro study. **Acta Stomatologica Marisiensis Journal**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 22-27, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.2478/asmj-2022-0004>. Acesso em: 25 mar. 2026.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE. **Colorimetry**. 3. ed. Viena: CIE, 2004. (CIE Publication n. 15:2004).

DA COSTA, M.; DA SILVA FILHO, F.; LIMA, B. Contributions of forensic dentistry regarding identification methods: literature review. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 44-55, 2019. Disponível em:

<https://revista.aborj.org.br/index.php/rbo/article/view/1440>. Acesso em: 25 mar. 2026.

DAOUDIAN, M. Current trends in forensic odontology: systematic review. **Bulletin of Stomatology and Maxillofacial Surgery**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 31-39, 2024.

Disponível em: <https://doi.org/10.58240/1829006x-2024.3-31>. Acesso em: 25 mar. 2026.

DELAVIZ, Y.; FINER, Y.; SANTERRE, J. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: a rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. **Dental Materials**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 16-32, 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.08.201>. Acesso em: 25 mar. 2026.

EMAM, A. N. M. Role of forensic odontology in identification of persons: a review article. **Cureus**, [s. l.], v. 16, n. 3, e56570, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.7759/cureus.56570>. Acesso em: 25 mar. 2026.

FEILZER, Y.; FEILZER, A.; NOACK, M.; KLEVERLAAN, C. Release of contraction stress of dental resin composites by water sorption. **Dental Materials**, Amsterdam, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2024.08.001>. Acesso em: 25 mar. 2026.

FERLLINI, R. Bodies recovered from water: forensic and pathological considerations. **Forensic Science, Medicine and Pathology**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 123-129, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12024-018-9973-1>. Acesso em: 25 mar. 2026.

FIXOTT, R. American Board of Forensic Odontology standards and guidelines for evaluating bitemarks. **Journal of the California Dental Association**, [s. l.], v. 51, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19424396.2023.2210329>. Acesso em: 25 mar. 2026.

FORREST, A. Forensic odontology in DVI: current practice and recent advances. **Forensic Sciences Research**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 316-330, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/20961790.2019.1678710>. Acesso em: 25 mar. 2026.

GAD, M. M. *et al.* Water sorption, solubility and translucency of 3D-printed denture base resins. **Dentistry Journal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 42, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/dj10030042>. Acesso em: 25 mar. 2026.

GOPAKUMAR, P.; PANDEY, H.; MÂNICA, S. Exploring environmental effects on dental changes: insights from a scoping review and preliminary experimental study. **Forensic Sciences**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/forensicsci5010012>. Acesso em: 25 mar. 2026.

GRÉMILLARD, L. *et al.* Hydrothermal ageing and its effect on fracture load of zirconia dental implants. **Materials**, Basel, v. 14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma14113103>. Acesso em: 25 mar. 2026.

GUO, X.; YU, Y.; GAO, S.; ZHANG, Z.; ZHAO, H. Biodegradation of dental resin-based composite: a potential factor affecting the bonding effect: a narrative review. **Biomedicines**, Basel, v. 10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biomedicines10092313>. Acesso em: 25 mar. 2026.

HENSSGE, C.; MADEA, B. Estimation of the time since death. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 165, n. 2-3, p. 182-184, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.05.017>. Acesso em: 25 mar. 2026.

HINCHLIFFE, J. Forensic odontology, part 2: major disasters. **British Dental Journal**, London, v. 210, n. 6, p. 269-274, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21436819/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ISHIKAWA, N. *et al.* A method for estimating time since death through analysis of substances deposited on the surface of dental enamel in a body immersed in

freshwater. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, [s. l.], v. 92, p. 102447, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2022.102447>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ISHIKAWA, N. *et al.* A new method for estimating time since death by analysis of substances deposited on the surface of dental enamel in a body immersed in seawater. **International Journal of Legal Medicine**, Berlin, v. 133, n. 5, p. 1421-1427, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30770987/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

JANTARADA, M.; CALDAS, I. Evaluation of different dental restorative materials subjected to high temperatures: a forensic perspective. **RevSALUS - Revista Científica da Rede Acadêmica das Ciências da Saúde da Lusofonia**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.51126/revsalus.v7i1.838>. Acesso em: 25 mar. 2026.

KHASHAYAR, G. *et al.* Perceptibility and acceptability thresholds for color differences in dentistry. **Journal of Dentistry**, Amsterdam, v. 42, n. 6, p. 637-644, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.017>. Acesso em: 25 mar. 2026.

KOHLI, A. S. *et al.* Evaluation of different dental materials used in forensic dentistry: a comparative study. **Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences**, v. 17, supl. 1, p. S541-S543, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_686_24. Acesso em: 25 mar. 2026.

KOHORST, P. *et al.* Low-temperature degradation of different zirconia ceramics for dental applications. **Acta Biomaterialia**, Amsterdam, v. 8, n. 3, p. 1213-1220, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2011.11.016>. Acesso em: 25 mar. 2026.

KRISHAN, K.; KANCHAN, T.; GARG, A. K. Dental evidence in forensic identification: an overview, methodology and present status. **The Open Dentistry Journal**, [s. l.], v. 9, p. 250-256, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1874210601509010250>. Acesso em: 25 mar. 2026.

LACASELLA, G. V. *et al.* Forensic odontology: a comprehensive review of advances and applications in dental forensic medicine. **Minerva Dental and Oral Science**, [s. l.], v. 74, n. 4, p. 273-290, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.23736/S2724-6329.25.05187-3>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MAIER, E. *et al.* Developing an optimised method for accurate wear testing of dental materials using the 'Rub&Roll' device. **Scientific Reports**, London, v. 14, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68873-y>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MANICA, S.; GORZA, L. Forensic odontology in the 21st century: identifying the opinions of those behind the teaching. **Journal of Forensic and Legal Medicine**, v. 64, p. 7-13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2019.03.006>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MARUO, I. T. *et al.* Study of the legality of orthodontic practice by general practice dentists. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, [s. l.], v. 14, n. 6,

p. 42.e1-42.e10, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1415-54192009000600006>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MAZZITELLI, C. *et al.* Color stability of resin cements after water aging. **Polymers**, Basel, v. 15, n. 3, p. 655, 2023. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/polym15030655>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MENON, L. M. L. *et al.* Tanatologia forense e odontologia legal: interface e importância na rotina pericial. **Odonto**, [s. l.], v. 19, n. 37, p. 15-23, 2011. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002171257>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MISILLI, T. *et al.* Water sorption and solubility of bulk-fill resin composites. **Brazilian Oral Research**, São Paulo, v. 31, e8, 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0080>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MOMOI, Y.; MCCABE, J. Hygroscopic expansion of resin based composites during 6 months of water storage. **British Dental Journal**, London, v. 176, p. 91-96, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4808379>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MOREIRA, G. *et al.* Forensic behavior of dental posts under high temperatures: macroscopic and imaging evaluations. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 378, p. 112686, 2025. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2025.112686>. Acesso em: 25 mar. 2026.

MORETTO, M. *et al.* A atuação do odontologista: conceito, história e recursos de identificação. **Journal of Multidisciplinary Dentistry**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 36-40, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.46875/jmd.v10i1.31>. Acesso em: 25 mar. 2026.

NAJI, S. *et al.* Cementochronology, to cut or not to cut? **International Journal of Paleopathology**, [s. l.], v. 15, p. 113-119, 2016. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29539545/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

NAKSAGOON, T. *et al.* Effect of water aging on the anti-biofilm properties of glass ionomer cement containing fluoro-zinc-silicate fillers. **Biofouling**, [s. l.], v. 36, n. 9, p. 1090-1099, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08927014.2020.1856371>. Acesso em: 25 mar. 2026.

NEDEL, F. *et al.* Evaluation of identification cases involving forensic dentistry in Pelotas, Brazil. **Brazilian Journal of Oral Sciences**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 55-58, 2009. Disponível em:

<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/bjos/article/view/8642357>. Acesso em: 25 mar. 2026.

INTERPOL. **Disaster victim identification guide**. Lyon: INTERPOL, 2018.

NURWIDYASTUTI, R. *et al.* Environmental effects on tooth degradation in forensic contexts. **Egyptian Journal of Forensic Sciences**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1-9, 2025. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/390630206_Environmental_effects_on_toot

h_degradation_in_forensic_odontology_a_systematic_review. Acesso em: 25 mar. 2026.

NUZZOLESE, E. *et al.* Under the lens: dental expert witnesses in Brazil, Croatia, UK, Saudi Arabia, Indonesia and Italy. **Journal of Forensic Odonto-Stomatology**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 160-168, 2013. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6080167/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PALLAVI, M. Forensic science in pediatric dentistry: collect, preserve and analyse. **Journal of Forensic Science and Research**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-6, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.29328/journal.jfsr.1001078>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PARRA, R. *et al.* Root dentin translucency and forensic international dental database: methodology for estimation age-at-death in adults using single-rooted teeth. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 317, p. 110572, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33232857/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PEAMPRING, C. *et al.* Surface roughness and translucency changes in translucent zirconia after hydrothermal aging. **European Journal of Dentistry**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 761-767, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/s-0041-1736415>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PIRES-DE-SOUZA, F. C. *et al.* Color stability of dental ceramics submitted to artificial accelerated aging after repeated firings. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [s. l.], v. 101, n. 1, p. 13-18, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19105987/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PRETTY, I. A.; SWEET, D. A look at forensic dentistry: part 1, the role of teeth in the determination of human identity. **British Dental Journal**, London, v. 190, n. 7, p. 359-366, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800972>. Acesso em: 25 mar. 2026.

PROKURAT, M. *et al.* The role of dentistry in forensic medicine: the process of human remains identification. **Polski Merkuriusz Lekarski**, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 466-471, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39360730/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

RAMASWAMI, S. V.; FRANCO, A.; MANICA, S. An integrative literature review of the potential technical challenges in forensic odontology practice. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 65-76, 2023. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1533009>. Acesso em: 25 mar. 2026.

RASTELLI, T. A. *et al.* Effect of light curing sources on microhardness of different composite resins. **Laser Physics**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 1130-1134, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/225734477_Effect_of_light_curing_sources_on_microhardness_of_different_composite_resins. Acesso em: 25 mar. 2026.

RIBAS-E-SILVA, V. *et al.* A importância do conhecimento especializado do cirurgião-dentista nas equipes de perícia oficial do Brasil. **Revista Brasileira de Odontologia Legal**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 7-15, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.21117/RBOL.V2I1.22>. Acesso em: 25 mar. 2026.

RISOLUTI, R. *et al.* Application of innovative TGA/chemometric approach for forensic purposes: the estimation of the time since death in contaminated specimens. **Diagnostics**, Basel, v. 11, n. 1, p. 121, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/diagnostics11010121>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SALEMA, C. F. B. A. *et al.* Forensic study of mechanical properties of dental restoration after burial in mangrove environment. **Forensic Science International**, Amsterdam, v. 308, p. 110166, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110166>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SHAH, P. *et al.* Teeth in forensics: a review. **Indian Journal of Dental Research**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 291-299, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_9_17. Acesso em: 25 mar. 2026.

SIMÕES-CARVALHO, M. *et al.* A clinical approach using scheduled-for-extraction teeth to validate a classic in vitro method to assess the performance of the EALs. **International Endodontic Journal**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/iej.70064>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SOUZA, J. C. M. *et al.* A comprehensive review on the corrosion pathways of titanium dental implants. **Metals**, Basel, v. 10, n. 9, p. 1272, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/met10091272>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SPINA, F. Os “travailleurs de la mort” na obra de Flaminio Fávero. **Saúde, Ética & Justiça**, [s. l.], v. 28, n. 2, e223083, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2770.v28i2e-223083>. Acesso em: 25 mar. 2026.

STEWART, C.; FINER, Y. Biostable, antidegradative and antimicrobial restorative systems based on host biomaterials and microbial interactions. **Dental Materials**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 36-52, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.09.013>. Acesso em: 25 mar. 2026.

SZCZESIO-WŁODARCZYK, A.; SOKOŁOWSKI, J.; KLECZEWSKA, J.; BOCIONG, K. Ageing of dental composites based on methacrylate resins: a critical review of the causes and method of assessment. **Polymers**, [s. l.], v. 12, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym12040882>. Acesso em: 25 mar. 2026.

VICENTE, S. A. F. Estudo das propriedades físicas e mecânicas de materiais restauradores odontológicos submetidos a condições de inumação e afogamento para fins periciais. 2014. Tese (Doutorado em Odontologia) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/58/58137/tde-18032015-095224/pt-br.php>. Acesso em: 25 mar. 2026.

VINCENTI, S. A. de F. et al. Colour stability of dental restorative materials submitted to conditions of burial and drowning, for forensic purposes. **Journal of Forensic Odonto-Stomatology**, [s. l.], v. 36, n. 2, p. 20-30, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30712028/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

VLASIADIS, K.; KOUTSAMANI, M. Forensic dentistry: the role of the dentist in human identification. **Clinical Medicine and Health Research Journal**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. 455-459, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18535/cmhrj.v3i4.200>. Acesso em: 25 mar. 2026.

WEI, Y.; SILIKAS, N.; ZHANG, Z.; WATTS, D. Hygroscopic dimensional changes of self-adhering and new resin matrix composites during water sorption/desorption cycles. **Dental Materials**, [s. l.], v. 27, n. 3, p. 259-266, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.015>. Acesso em: 25 mar. 2026.

YADAV, S. C. The effect of red wine on colour stability of three different types of esthetic restorative materials: an in vitro study. **Journal of Conservative Dentistry**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 319-323, 2018. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5977783/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

YIKILGAN, İ. et al. The effects of fresh detox juices on color stability and roughness of resin-based composites. **Journal of Prosthodontics**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 82-88, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29484776/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ZHANG, N.; WEIR, M.; XU, H.; BAI, Y.; MELO, M. Current insights into the modulation of oral bacterial degradation of dental polymeric restorative materials. **Materials**, [s. l.], v. 10, n. 5, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ma10050507>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ZHANG, X.; LIANG, J.; ZHU, D. Progress on hydrothermal stability of dental zirconia ceramics. **Journal of Inorganic Materials**, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 759-768, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15541/jim20190401>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ZHOU, H.; YUAN, Y.; LUO, C.; WANG, Q.; LI, Z.; CHEN, M.; GONG, B.; LI, Z. The role of oral environmental factors in the degradation of resin-dentin interfaces: a comprehensive review. **Journal of Dentistry**, [s. l.], v. 159, n. 105839, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105839>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ZHOU, X. et al. Effects of water and microbial-based aging on restorative materials. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, [s. l.], v. 80, p. 42-50, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29414474/>. Acesso em: 25 mar. 2026.

ZHOU, X.; WANG, S.; PENG, X.; HU, Y.; REN, B.; LI, M.; HAO, L.; FENG, M.; CHENG, L.; ZHOU, X. Effects of water and microbial-based aging on the performance of three dental restorative materials. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, [s. l.], v. 80, p. 42-50, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.01.023>. Acesso em: 25 mar. 2026.

APÊNDICE A – VALORES INDIVIDUAIS DE MICRODUREZA DAS AMOSTRAS

Tabela A1 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

MICRODUREZA	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
INICIAL	Ionomero	Disco 1	Amostra 1	199	151	132	160,67
INICIAL	Ionomero	Disco 1	Amostra 2	122	173	155	150
INICIAL	Ionomero	Disco 1	Amostra 3	151	167	147	155
INICIAL	Ionomero	Disco 1	Amostra 4	84,2	164	175	141,07
INICIAL	Ionomero	Disco 2	Amostra 1	170	162	186	172,67
INICIAL	Ionomero	Disco 2	Amostra 2	93,8	135	79	102,6
INICIAL	Ionomero	Disco 2	Amostra 3	122	150	107	126,33
INICIAL	Ionomero	Disco 2	Amostra 4	88,1	93,8	92,9	91,6
INICIAL	Ionomero	Disco 3	Amostra 1	191	150	99,3	146,77
INICIAL	Ionomero	Disco 3	Amostra 2	84,6	109	86,1	93,23
INICIAL	Ionomero	Disco 3	Amostra 3	162	142	177	160,33
INICIAL	Ionomero	Disco 3	Amostra 4	168	183	201	184
INICIAL	Ionomero	Disco 5	Amostra 1	162	202	123	162,33
INICIAL	Ionomero	Disco 5	Amostra 2	168	200	121	163
INICIAL	Ionomero	Disco 5	Amostra 3	164	123	146	144,33
INICIAL	Ionomero	Disco 5	Amostra 4	229	136	135	166,67
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 1	Amostra 1	38,9	38,5	37,5	38,3
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 1	Amostra 2	38	43,6	44,8	42,13
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 1	Amostra 3	33,8	40,6	37,2	37,2
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 1	Amostra 4	44,1	42,5	41,9	42,83
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 2	Amostra 1	44,5	39,1	33,2	38,93
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 2	Amostra 2	36,2	47,3	44,4	42,63
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 2	Amostra 3	36,8	44,7	49,1	43,53
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 2	Amostra 4	53,3	41	43	45,77
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 3	Amostra 1	43,4	33,2	38,4	38,33
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 3	Amostra 2	49,6	39,4	35,5	41,5
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 3	Amostra 3	45,9	43,5	62,1	50,5
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 3	Amostra 4	38	35,2	34,5	35,9
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 5	Amostra 1	17,3	34,4	36,1	29,27
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 5	Amostra 2	41,2	45,5	39,7	42,13
INICIAL	Resina Acrílica	Disco 5	Amostra 3	56,5	33,5	35,7	41,9

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026

INICIAL	Resina Acrílica	Disco 5	Amostra 4	35,5	38,9	35,5	36,63
INICIAL	Resina Composta	Disco 1	Amostra 1	142	108	105	118,33
INICIAL	Resina Composta	Disco 1	Amostra 2	133	132	110	125
INICIAL	Resina Composta	Disco 1	Amostra 3	97,3	51,8	112	87,03
INICIAL	Resina Composta	Disco 1	Amostra 4	89,1	115	96,1	100,07
INICIAL	Resina Composta	Disco 2	Amostra 1	75,4	98,4	96,3	90,03
INICIAL	Resina Composta	Disco 2	Amostra 2	83,2	67,2	56,1	68,83
INICIAL	Resina Composta	Disco 2	Amostra 3	90,1	84,7	85	86,6
INICIAL	Resina Composta	Disco 2	Amostra 4	81,1	112	92	95,03
INICIAL	Resina Composta	Disco 3	Amostra 1	134	309	380	274,33
INICIAL	Resina Composta	Disco 3	Amostra 2	258	261	413	310,67
INICIAL	Resina Composta	Disco 3	Amostra 3	234	507	410	383,67
INICIAL	Resina Composta	Disco 3	Amostra 4	406	245	355	335,33
INICIAL	Resina Composta	Disco 5	Amostra 1	375	195	403	324,33
INICIAL	Resina Composta	Disco 5	Amostra 2	285	316	268	289,67
INICIAL	Resina Composta	Disco 5	Amostra 3	267	280	337	294,67
INICIAL	Resina Composta	Disco 5	Amostra 4	318	282	271	290,33
INICIAL	Cerâmica	Disco 1	Amostra 1	426	527	528	493,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 1	Amostra 2	397	454	414	421,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 1	Amostra 3	530	427	552	503
INICIAL	Cerâmica	Disco 1	Amostra 4	476	422	440	446
INICIAL	Cerâmica	Disco 2	Amostra 1	428	505	478	470,33
INICIAL	Cerâmica	Disco 2	Amostra 2	530	463	518	503,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 2	Amostra 3	490	501	468	486,33
INICIAL	Cerâmica	Disco 2	Amostra 4	465	518	513	498,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 3	Amostra 1	511	554	513	526
INICIAL	Cerâmica	Disco 3	Amostra 2	519	464	480	487,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 3	Amostra 3	416	438	405	419,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 3	Amostra 4	460	537	482	493
INICIAL	Cerâmica	Disco 5	Amostra 1	536	523	398	485,67
INICIAL	Cerâmica	Disco 5	Amostra 2	491	470	482	481
INICIAL	Cerâmica	Disco 5	Amostra 3	517	486	521	508
INICIAL	Cerâmica	Disco 5	Amostra 4	530	505	508	514,33
INICIAL	Zircônia	Disco 1	Amostra 1	1445	1394	1434	1424,33
INICIAL	Zircônia	Disco 1	Amostra 2	1656	1652	1643	1650,33
INICIAL	Zircônia	Disco 1	Amostra 3	1613	1543	1552	1569,33

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026

INICIAL	Zircônia	Disco 1	Amostra 4	2166	1570	1503	1746,33
INICIAL	Zircônia	Disco 2	Amostra 1	1504	1605	1699	1602,67
INICIAL	Zircônia	Disco 2	Amostra 2	1643	1622	1539	1601,33
INICIAL	Zircônia	Disco 2	Amostra 3	1777	1576	1812	1721,67
INICIAL	Zircônia	Disco 2	Amostra 4	1670	1540	1565	1591,67
INICIAL	Zircônia	Disco 3	Amostra 1	1839	1679	1424	1647,33
INICIAL	Zircônia	Disco 3	Amostra 2	1467	1709	1506	1560,67
INICIAL	Zircônia	Disco 3	Amostra 3	1419	3192	1565	2058,67
INICIAL	Zircônia	Disco 3	Amostra 4	1562	1388	1765	1571,67
INICIAL	Zircônia	Disco 5	Amostra 1	2411	1876	1663	1983,33
INICIAL	Zircônia	Disco 5	Amostra 2	1480	1566	1889	1645
INICIAL	Zircônia	Disco 5	Amostra 3	1519	1445	1548	1504
INICIAL	Zircônia	Disco 5	Amostra 4	1499	2129	1587	1738,33
Grupo	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	1	631	760	685	692
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	2	348	287	196	277
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	3	309	977	958	748
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	4	927	558	986	823,67
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	1	55,4	66,6	36,4	52,8
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	2	32,4	71,1	47,1	50,2
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	3	33,3	97,2	24,6	51,7
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	4	66	57,1	71,9	65
Repetição 1 MES	Ionômero	5	1	80,5	94,5	91,3	88,77
Repetição 1 MES	Ionômero	5	2	133	89,4	117	113,13
Repetição 1 MES	Ionômero	5	3	132	88	81,5	100,5
Repetição 1 MES	Ionômero	5	4	50,1	92,7	94,3	79,03
T1 (1 mês)	Ionômero	1	1	53,1	85,8	76,6	71,83
T1 (1 mês)	Ionômero	1	2	66,4	88,9	91,1	82,13
T1 (1 mês)	Ionômero	1	3	113	142	94,9	116,63
T1 (1 mês)	Ionômero	1	4	92,4	88,9	90,1	90,47
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	1	75,1	31,9	38,3	48,43
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	2	24,2	45,3	26,2	31,9

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026

Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	3	85,1	48,8	39,3	57,73
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	4	26,8	73,9	55,3	52
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	1	31,5	30,1	32	31,2
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	2	33,3	23,2	28,2	28,23
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	3	40,7	25,9	30	32,2
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	4	33,9	24,5	39,1	32,5
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	1	141	96,5	105	114,17
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	2	75,7	100	159	111,57
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	3	64,8	186	88,6	113,13
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	4	127	173	122	140,67
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	1	67,1	72,6	93,9	77,87
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	2	82,4	80,5	111	91,3
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	3	418	115	107	213,33
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	4	101	150	90	113,67
Repetição 1 MES	Zircônia	5	1	686	703	398	595,67
Repetição 1 MES	Zircônia	5	2	129	393	747	423
Repetição 1 MES	Zircônia	5	3	361	157	445	321
Repetição 1 MES	Zircônia	5	4	149	228	852	409,67
T1 (1 mês)	Zircônia	1	1	286	243	100	209,67
T1 (1 mês)	Zircônia	1	2	139	177	147	154,33
T1 (1 mês)	Zircônia	1	3	352	350	255	319
T1 (1 mês)	Zircônia	1	4	134	149	261	181,33
GRUPO	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
Repetição 3 meses	Cerâmica	5	1	752	544	601	632,33
Repetição 3 meses	Cerâmica	5	2	549	588	513	550
Repetição 3 meses	Cerâmica	5	3	568	578	543	563
Repetição 3 meses	Cerâmica	5	4	558	574	627	586,33
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	1	526	689	581	598,66

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

T2 (3 meses)	Cerâmica	2	2	642	553	588	594,33
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	3	458	763	613	644,66
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	4	640	566	515	573,66
Repetição 3 meses	Ionômero	5	1	81,5	70,3	50,2	67,33
Repetição 3 meses	Ionômero	5	2	103	95,9	90,8	96,56
Repetição 3 meses	Ionômero	5	3	77,7	85,5	82,1	81,76
Repetição 3 meses	Ionômero	5	4	85,5	90,3	96	90,6
T2 (3 meses)	Ionômero	2	1	140	193	150	161
T2 (3 meses)	Ionômero	2	2	167	87,5	127	127,16
T2 (3 meses)	Ionômero	2	3	199	162	103	154,66
T2 (3 meses)	Ionômero	2	4	147	110	120	125,66
Repetição 3 meses	Resina Acrílica	5	2	141	106	113	120
Repetição 3 meses	Resina Acrílica	5	3	103	67,8	105	91,93
Repetição 3 meses	Resina Acrílica	5	4	58,8	45,4	67,8	57,33
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	1	93,9	54,2	39,7	62,6
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	2	64,9	39,4	49,2	51,16
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	3	53,9	72,2	82,1	69,4
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	4	81,2	92,1	77,5	83,6
Repetição 3 meses	Resina Composta	5	1	217	249	178	139,66
Repetição 3 meses	Resina Composta	5	2	159	149	118	142
Repetição 3 meses	Resina Composta	5	3	193	196	150	179,66
Repetição 3 meses	Resina Composta	5	4	128	149	137	138
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	1	182	141	115	146
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	2	98	158	100	118,66
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	3	137	150	156	147,66
T2 (3 meses)	Resina Composta	1	4	95	99	128	107,33
Repetição 3 meses	Zircônia	5	1	1501	1534	1592	1542,33

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

Repetição 3 meses	Zircônia	5	2	1857	1588	1635	1693,33
Repetição 3 meses	Zircônia	5	3	1597	1438	1361	1465,33
Repetição 3 meses	Zircônia	5	4	1438	1445	1627	1503,33
T2 (3 meses)	Zircônia	2	1	1482	1993	1254	1576,33
T2 (3 meses)	Zircônia	2	2	1566	1595	1578	1579,66
T2 (3 meses)	Zircônia	2	3	1540	1511	1564	1538,33
T2 (3 meses)	Zircônia	2	4	1920	1572	1311	1597,66
Grupo	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
T3 (6 meses)	Ionômero	3	1	56.8	72.2	90.0	73.0
T3 (6 meses)	Ionômero	3	2	50.8	49.0	27.1	42.3
T3 (6 meses)	Ionômero	3	3	47.0	21.9	42.7	37.2
T3 (6 meses)	Ionômero	3	4	91.4	60.8	63.1	71.8
Repetição 6 meses	Ionômero	5	1	69.7	75.5	53.7	66.3
Repetição 6 meses	Ionômero	5	2	70.1	98.1	119.0	95.7
Repetição 6 meses	Ionômero	5	3	62.0	67.1	88.8	72.6
Repetição 6 meses	Ionômero	5	4	118.0	69.4	78.7	88.7
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	1	25.0	23.4	22.1	23.5
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	2	30.5	21.1	53.6	35.1
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	3	55.6	44.3	34.7	44.9
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	4	28.5	29.3	33.8	30.5
Repetição 6 meses	Resina Acrílica	5	1	26.4	35.1	23.7	28.4
Repetição 6 meses	Resina Acrílica	5	2	19.8	25.6	26.8	24.1
Repetição 6 meses	Resina Acrílica	5	3	28.5	25.8	50.8	35.0
Repetição 6 meses	Resina Acrílica	5	4	38.5	28.2	24.9	30.5
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	1	77.5	23.4	22.1	41.0
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	2	30.5	21.1	52.6	34.7
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	3	55.6	44.3	34.7	44.9

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de microdureza (VH) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

T3 (6 meses)	Resina Composta	3	4	28.5	29.3	33.8	30.5
Repetição 6 meses	Resina Composta	5	1	329.0	129.0	98.5	185.5
Repetição 6 meses	Resina Composta	5	2	97.9	130.0	96.9	108.3
Repetição 6 meses	Resina Composta	5	3	163.0	45.0	138.0	115.3
Repetição 6 meses	Resina Composta	5	4	133.0	173.0	99.8	135.3
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	1	841.0	622.0	673.0	712.0
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	2	623.0	708.0	702.0	677.7
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	3	889.0	892.0	809.0	863.3
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	4	697.0	698.0	542.0	645.7
Repetição 6 meses	Cerâmica	5	1	679.0	670.0	561.0	636.7
Repetição 6 meses	Cerâmica	5	2	683.0	549.0	529.0	587.0
Repetição 6 meses	Cerâmica	5	3	723.0	616.0	547.0	628.7
Repetição 6 meses	Cerâmica	5	4	663.0	599.0	651.0	637.7
T3 (6 meses)	Zircônia	3	1	1698.0	1710.0	1462.0	1623.3
T3 (6 meses)	Zircônia	3	2	1676.0	1831.0	1540.0	1682.3
T3 (6 meses)	Zircônia	3	3	1511.0	1555.0	1564.0	1543.3
T3 (6 meses)	Zircônia	3	4	1681.0	1692.0	1850.0	1741.0
Repetição 6 meses	Zircônia	5	1	1744.0	2851.0	1703.0	2099.3
Repetição 6 meses	Zircônia	5	2	1748.0	1736.0	2238.0	1907.3
Repetição 6 meses	Zircônia	5	3	1423.0	1732.0	1802.0	1652.3
Repetição 6 meses	Zircônia	5	4	1930.0	1624.0	1562.0	1705.3

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

APÊNDICE B – VALORES INDIVIDUAIS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

Rugosidade	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
INICIAL	Ionômero	1	1	0,33	0,35	0,3	0,327
INICIAL	Ionômero	1	2	0,36	0,48	0,46	0,433
INICIAL	Ionômero	1	3	0,28	0,25	0,22	0,25
INICIAL	Ionômero	1	4	0,6	0,54	0,53	0,557
INICIAL	Ionômero	2	1	0,33	0,32	0,19	0,28
INICIAL	Ionômero	2	2	0,23	0,31	0,41	0,317
INICIAL	Ionômero	2	3	0,37	0,21	0,3	0,293
INICIAL	Ionômero	2	4	0,24	0,22	0,17	0,21
INICIAL	Ionômero	3	1	0,37	0,41	0,46	0,413
INICIAL	Ionômero	3	2	0,21	0,17	0,16	0,18
INICIAL	Ionômero	3	3	0,22	0,27	0,22	0,237
INICIAL	Ionômero	3	4	0,17	0,29	0,17	0,21
INICIAL	Ionômero	5	1	0,24	0,12	0,3	0,22
INICIAL	Ionômero	5	2	0,25	0,25	0,23	0,243
INICIAL	Ionômero	5	3	0,14	0,23	0,29	0,22
INICIAL	Ionômero	5	4	0,17	0,31	0,3	0,26
INICIAL	Resina Acrílica	1	1	0,1	0,08	0,08	0,087
INICIAL	Resina Acrílica	1	2	0,21	0,1	0,09	0,133
INICIAL	Resina Acrílica	1	3	0,17	0,09	0,13	0,13
INICIAL	Resina Acrílica	1	4	0,08	0,08	0,09	0,083
INICIAL	Resina Acrílica	2	1	0,05	0,04	0,05	0,047
INICIAL	Resina Acrílica	2	2	0,05	0,06	0,05	0,053
INICIAL	Resina Acrílica	2	3	0,06	0,14	0,07	0,09
INICIAL	Resina Acrílica	2	4	0,07	0,06	0,06	0,063
INICIAL	Resina Acrílica	3	1	0,06	0,05	0,06	0,057
INICIAL	Resina Acrílica	3	2	0,05	0,05	0,05	0,05
INICIAL	Resina Acrílica	3	3	0,05	0,05	0,04	0,047
INICIAL	Resina Acrílica	3	4	0,04	0,06	0,05	0,05
INICIAL	Resina Acrílica	5	1	0,09	0,09	0,07	0,083

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

INICIAL	Resina Acrílica	5	2	0,08	0,06	0,08	0,073
INICIAL	Resina Acrílica	5	3	0,06	0,07	0,13	0,087
INICIAL	Resina Acrílica	5	4	0,08	0,12	0,07	0,09
INICIAL	Resina Composta	1	1	0,07	0,07	0,07	0,07
INICIAL	Resina Composta	1	2	0,09	0,06	0,06	0,07
INICIAL	Resina Composta	1	3	0,05	0,04	0,04	0,043
INICIAL	Resina Composta	1	4	0,05	0,05	0,05	0,05
INICIAL	Resina Composta	2	1	0,06	0,08	0,05	0,063
INICIAL	Resina Composta	2	2	0,06	0,07	0,06	0,063
INICIAL	Resina Composta	2	3	0,04	0,08	0,06	0,06
INICIAL	Resina Composta	2	4	0,04	0,04	0,05	0,043
INICIAL	Resina Composta	3	1	0,08	0,09	0,08	0,083
INICIAL	Resina Composta	3	2	0,04	0,04	0,04	0,04
INICIAL	Resina Composta	3	3	0,09	0,09	0,08	0,087
INICIAL	Resina Composta	3	4	0,05	0,04	0,05	0,047
INICIAL	Resina Composta	5	1	0,05	0,06	0,05	0,053
INICIAL	Resina Composta	5	2	0,05	0,05	0,05	0,05
INICIAL	Resina Composta	5	3	0,05	0,08	0,04	0,057
INICIAL	Resina Composta	5	4	0,04	0,04	0,04	0,04
INICIAL	Cerâmica	1	1	0,03	0,03	0,03	0,03
INICIAL	Cerâmica	1	2	0,03	0,04	0,02	0,03
INICIAL	Cerâmica	1	3	0,03	0,04	0,03	0,033
INICIAL	Cerâmica	1	4	0,55	0,81	0,97	0,777
INICIAL	Cerâmica	2	1	0,02	0,02	0,02	0,02
INICIAL	Cerâmica	2	2	0,03	0,03	0,03	0,03
INICIAL	Cerâmica	2	3	0,05	0,02	0,02	0,03
INICIAL	Cerâmica	2	4	0,04	0,04	0,04	0,04
INICIAL	Cerâmica	3	1	0,04	0,05	0,06	0,05
INICIAL	Cerâmica	3	2	0,06	0,07	0,05	0,06
INICIAL	Cerâmica	3	3	0,07	0,05	0,07	0,063

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

INICIAL	Cerâmica	3	4	0,03	0,03	0,03	0,03
INICIAL	Cerâmica	5	1	0,02	0,02	0,03	0,023
INICIAL	Cerâmica	5	2	0,03	0,02	0,03	0,027
INICIAL	Cerâmica	5	3	0,02	0,03	0,02	0,023
INICIAL	Cerâmica	5	4	0,03	0,03	0,04	0,033
INICIAL	Zircônia	1	1	0,04	0,05	0,1	0,063
INICIAL	Zircônia	1	2	0,33	0,58	0,33	0,413
INICIAL	Zircônia	1	3	0,6	0,07	0,04	0,237
INICIAL	Zircônia	1	4	0,08	0,22	0,3	0,2
INICIAL	Zircônia	2	1	0,4	0,47	0,49	0,453
INICIAL	Zircônia	2	2	0,32	0,42	0,3	0,347
INICIAL	Zircônia	2	3	0,1	0,25	0,52	0,29
INICIAL	Zircônia	2	4	0,49	0,06	0,31	0,287
INICIAL	Zircônia	3	1	0,49	0,42	0,46	0,457
INICIAL	Zircônia	3	2	0,15	0,2	0,17	0,173
INICIAL	Zircônia	3	3	0,38	0,35	0,48	0,403
INICIAL	Zircônia	3	4	0,07	0,15	0,29	0,17
INICIAL	Zircônia	5	1	0,15	0,34	0,25	0,247
INICIAL	Zircônia	5	2	0,54	0,29	0,48	0,437
INICIAL	Zircônia	5	3	0,31	0,15	0,25	0,237
INICIAL	Zircônia	5	4	0,37	0,28	0,44	0,363
Grupo	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
T1 (1 mês)	Ionômero	1	1	0,71	0,58	0,71	0,67
T1 (1 mês)	Ionômero	1	2	0,78	0,59	0,56	0,64
T1 (1 mês)	Ionômero	1	3	0,27	0,32	0,26	0,28
T1 (1 mês)	Ionômero	1	4	0,73	0,41	0,75	0,63
Repetição 1 MES	Ionômero	5	1	0,35	0,26	0,24	0,28
Repetição 1 MES	Ionômero	5	2	0,36	0,55	0,36	0,42
Repetição 1 MES	Ionômero	5	3	0,27	0,32	0,41	0,33
Repetição 1 MES	Ionômero	5	4	0,39	0,44	0,54	0,46

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	1	0,46	0,06	0,06	0,19
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	2	0,05	0,02	0,06	0,04
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	3	0,07	0,02	0,03	0,04
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	4	0,11	0,09	0,1	0,1
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	1	1	0,09	0,11	0,09	0,1
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	1	2	0,16	0,07	0,09	0,11
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	1	3	0,09	0,1	0,11	0,1
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	1	4	0,08	0,11	0,08	0,09
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	1	0,11	0,06	0,09	0,09
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	2	0,04	0,29	0,03	0,12
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	3	0,04	0,04	0,04	0,04
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	4	0,06	0,05	0,05	0,05
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	1	0,13	0,05	0,08	0,09
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	2	0,09	0,13	0,16	0,13
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	3	0,07	0,08	0,06	0,07
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	4	0,05	0,07	0,05	0,06
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	1	0,05	0,05	0,03	0,04
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	2	0,11	0,06	0,11	0,09
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	3	0,06	0,04	0,06	0,05
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	4	0,05	0,07	0,06	0,06
Repetição 1 MES	Cerâmica	1	1	0,09	0,05	0,04	0,06
Repetição 1 MES	Cerâmica	1	2	0,08	0,08	0,08	0,08
Repetição 1 MES	Cerâmica	1	3	0,04	0,06	0,06	0,05
Repetição 1 MES	Cerâmica	1	4	0,05	0,11	0,05	0,07
T1 (1 mês)	Zircônia	1	1	0,09	0,06	0,15	0,1
T1 (1 mês)	Zircônia	1	2	0,39	0,51	0,4	0,43
T1 (1 mês)	Zircônia	1	3	0,5	0,34	0,37	0,4

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026. Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

T1 (1 mês)	Zircônia	1	4	0,27	0,22	0,25	0,25
Repetição 1 MES	Zircônia	5	1	0,3	0,14	0,14	0,19
Repetição 1 MES	Zircônia	5	2	0,26	0,26	0,2	0,24
Repetição 1 MES	Zircônia	5	3	0,38	0,32	0,38	0,36
Repetição 1 MES	Zircônia	5	4	0,41	0,37	0,36	0,38
Grupo	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
T2 (3 meses)	Ionômero	2	1	0,59	0,75	0,75	0,69
T2 (3 meses)	Ionômero	2	2	0,74	0,72	0,7	0,72
T3 (3 meses)	Ionômero	2	3	0,37	0,41	0,27	0,35
T3 (3 meses)	Ionômero	2	4	0,35	0,46	0,21	0,34
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	1	0,66	0,46	0,33	0,48
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	2	0,39	0,5	0,46	0,45
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	3	0,78	0,4	0,41	0,53
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	4	0,6	0,4	0,39	0,46
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	1	0,04	0,04	0,18	0,26
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	2	0,04	0,05	0,05	0,04
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	3	0,09	0,1	0,13	0,1
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	4	0,14	0,13	0,09	0,12
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	1	0,16	0,08	0,1	0,11
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	2	0,09	0,09	0,1	0,09
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	3	0,08	0,09	0,13	0,1
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	4	0,08	0,09	0,08	0,08
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	1	0,1	0,16	0,08	0,11
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	2	0,11	0,13	0,08	0,1
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	3	0,07	0,05	0,05	0,05
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	4	0,04	0,04	0,1	0,06
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	1	0,04	0,06	0,06	0,05
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	2	0,24	0,13	0,16	0,17
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	3	0,06	0,06	0,4	0,17

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	4	0,06	0,04	0,04	0,04
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	1	0,07	0,08	0,08	0,07
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	2	0,06	0,05	0,19	0,1
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	3	0,42	0,52	0,48	0,47
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	4	0,07	0,1	0,06	0,07
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	1	0,08	0,06	0,03	0,05
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	2	0,07	0,08	0,07	0,07
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	3	0,06	0,17	0,06	0,09
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	4	0,04	0,1	0,03	0,05
T2 (3 meses)	Zircônia	2	1	0,66	0,61	0,54	0,6
T2 (3 meses)	Zircônia	2	2	0,63	0,57	1,03	0,74
T2 (3 meses)	Zircônia	2	3	0,61	0,12	0,82	0,51
T2 (3 meses)	Zircônia	2	4	0,09	0,43	0,21	0,24
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	1	0,3	0,7	0,68	0,56
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	2	0,36	0,08	0,45	0,29
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	3	0,54	0,48	0,36	0,46
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	4	0,29	0,42	0,36	0,35
Grupo	Material	Disco	Amostra	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média
T3 (6 meses)	Ionômero	3	1	2.13	0.97	2.77	1,957
T3 (6 meses)	Ionômero	3	2	0.82	0.95	0.89	0,887
T3 (6 meses)	Ionômero	3	3	1.46	1.67	1.42	1,517
T3 (6 meses)	Ionômero	3	4	1.83	0.63	1.25	1,237
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	1	0.63	0.52	0.41	0,52
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	2	0.48	0.52	0.60	0,533
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	3	0.76	0.87	0.48	0,703
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	4	0.63	0.45	0.59	0,557
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	1	0.15	0.15	0.09	0,13

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	2	0.09	0.11	0.07	0,09
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	3	0.06	0.13	0.29	0,16
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	4	0.13	0.33	0.12	0,193
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	1	0.10	0.10	0.10	0,1
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	2	0.19	0.09	0.14	0,14
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	3	0.20	0.12	0.08	0,133
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	4	0.50	0.14	0.29	0,31
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	1	0.18	0.17	1.03	0,46
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	2	0.05	0.06	0.09	0,067
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	3	0.20	0.10	0.14	0,147
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	4	0.18	0.08	0.12	0,127
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	1	0.38	0.50	0.31	0,397
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	2	0.48	0.30	0.57	0,45
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	3	1.18	1.34	0.92	1,147
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	4	0.64	0.38	0.34	0,453
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	1	0.10	0.09	0.14	0,11
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	2	0.46	0.13	0.15	0,247
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	3	0.13	0.15	0.21	0,163
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	4	0.20	0.10	0.12	0,14
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	1	0.11	0.22	0.13	0,153
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	2	0.08	0.04	0.03	0,05
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	3	0.10	0.12	0.16	0,127
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	4	0.17	0.04	0.06	0,09
T3 (6 meses)	Zircônia	3	1	0.45	0.42	0.36	0,41
T3 (6 meses)	Zircônia	3	2	0.21	0.30	0.18	0,23
T3 (6 meses)	Zircônia	3	3	0.78	0.51	0.79	0,693
T3 (6 meses)	Zircônia	3	4	0.89	0.55	0.34	0,593

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A2 – Valores individuais de Rugosidade (RA) das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026. Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Repetição 6 MESES	Zircônia	5	1	0.84	0.60	0.72	0,72
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	2	0.59	0.32	0.54	0,483
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	3	0.38	0.40	0.15	0,31
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	4	0.56	0.48	0.85	0,63
T3 (6 meses)	Titânio	3	1	0.15	0.18	0.14	0,157
T3 (6 meses)	Titânio	3	2	0.15	0.16	0.19	0,167
T3 (6 meses)	Titânio	3	3	0.21	0.17	0.22	0,2
T3 (6 meses)	Titânio	3	4	0.20	0.22	0.26	0,227
Repetição 6 MESES	Titânio	5	1	0.17	0.14	0.28	0,197
Repetição 6 MESES	Titânio	5	2	0.24	0.29	0.17	0,233
Repetição 6 MESES	Titânio	5	3	0.15	0.14	0.16	0,15
Repetição 6 MESES	Titânio	5	4	0.32	0.36	0.24	0,307
T3 (6 meses)	Amálgama	3	1	1.21	1.18	1.80	1,397
T3 (6 meses)	Amálgama	3	2	1.20	1.10	1.65	1,317
T3 (6 meses)	Amálgama	3	3	1.35	1.35	1.03	1,243
T3 (6 meses)	Amálgama	3	4	0.45	0.47	0.46	0,46
Repetição 6 MESES	Amálgama	5	1	0.38	0.62	0.42	0,473
Repetição 6 MESES	Amálgama	5	2	0.63	0.73	0.47	0,61
Repetição 6 MESES	Amálgama	5	3	0.29	0.24	0.26	0,263
Repetição 6 MESES	Amálgama	5	4	0.70	0.68	0.66	0,68
T3 (6 meses)	Liga Metálica	3	1	0.10	0.45	0.31	0,287
T3 (6 meses)	Liga Metálica	3	2	0.06	0.07	0.07	0,067
T3 (6 meses)	Liga Metálica	3	3	0.21	0.35	0.14	0,233
T3 (6 meses)	Liga Metálica	3	4	0.31	0.26	0.38	0,317
Repetição 6 MESES	Liga Metálica	5	1	0.34	0.56	0.58	0,493
Repetição 6 MESES	Liga Metálica	5	2	0.04	0.06	0.06	0,053
Repetição 6 MESES	Liga Metálica	5	3	0.14	0.15	0.18	0,157
Repetição 6 MESES	Liga Metálica	5	4	0.17	0.27	0.15	0,197

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

APÊNDICE C – VALORES INDIVIDUAIS DE ALTERAÇÃO DE COR (ΔE)

Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

ESTABILIDADE DE COR	Material	Disco	Amostra	Cód. Cor	L	a*	b*	C	h
INICIAL	Ceramica	1	1	3M1 C2	74,1	0,3	16,1	16,1	88,9
INICIAL	Ceramica	1	2	2M2 C1	70,3	0,2	13,8	13,8	90,8
INICIAL	Ceramica	1	3	2M2 C1	68,3	0,5	13,8	13,8	92,1
INICIAL	Ceramica	1	4	2M2 A2	75,6	0,5	17,4	17,4	88,3
INICIAL	Ceramica	2	1	2R 1.5 A2	66,5	0,0	14,8	14,8	90,2
INICIAL	Ceramica	2	2	3M1 C2	70,8	0,0	15,2	15,2	90,0
INICIAL	Ceramica	2	3	2M2 A2	75,0	0,5	16,8	16,9	88,2
INICIAL	Ceramica	2	4	2R 1.5 A2	76,3	0,8	17,3	17,3	87,3
INICIAL	Ceramica	3	1	2R 1.5 A2	75,6	1,0	17,5	17,5	86,9
INICIAL	Ceramica	3	2	4M1 B2	62,3	0,7	12,9	12,9	93,0
INICIAL	Ceramica	3	3	2R 1.5 D2	74,6	0,2	14,8	14,8	89,2
INICIAL	Ceramica	3	4	2M2 C2	69,7	0,5	16,1	16,1	88,1
INICIAL	Ceramica	5	1	3M1 C2	72,6	0,3	16,2	16,2	89,1
INICIAL	Ceramica	5	2	3M1 C2	73,9	0,4	16,2	16,2	88,5
INICIAL	Ceramica	5	3	2R 1.5 C2	72,9	0,4	15,7	15,7	88,4
INICIAL	Ceramica	5	4	2M2 C3	68,9	0,1	15,2	15,2	89,6
INICIAL	Resina Acrilica	1	1	3L2.5 A3	72,9	1,1	26,4	26,4	92,3
INICIAL	Resina Acrilica	1	2	4L 2.5 A3	69,9	1,1	27,6	27,7	92,2
INICIAL	Resina Acrilica	1	3	3L 2.5 A3	73,7	1,1	26,2	26,3	92,3
INICIAL	Resina Acrilica	1	4	3L 2.5 A3	74,1	1,1	25,9	25,9	92,4
INICIAL	Resina Acrilica	2	1	3L 2.5 B4	71,6	1,7	24,2	24,3	93,9
INICIAL	Resina Acrilica	2	2	3L 2.5 A3	70,7	1,3	26,8	26,8	92,8
INICIAL	Resina Acrilica	2	3	3L 2.5 B4	73,2	1,4	24,8	24,9	93,3

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

INICIAL	Resina Acrilica	2	4	AL 1.5 A4	68,0	1,9	22,2	22,3	94,8
INICIAL	Resina Acrilica	3	1	3L 1.5 B2	71,7	1,9	20,9	20,9	95,3
INICIAL	Resina Acrilica	3	2	BL 2.5 A3	73,9	1,5	23,2	23,2	93,6
INICIAL	Resina Acrilica	3	3	3L 1.5 C2	70,6	2,6	18,5	18,6	98,0
INICIAL	Resina Acrilica	3	4	4L 1.5 A4	67,9	2,1	24,2	24,3	94,9
INICIAL	Resina Acrilica	5	1	4L 1.5 C2	68,4	3,2	20,3	20,5	98,9
INICIAL	Resina Acrilica	5	2	3L 2.5 A3	72,6	2,7	21,9	22,0	97,2
INICIAL	Resina Acrilica	5	3	3L 1.5 A3	73,3	2,5	21,4	21,6	96,7
INICIAL	Resina Acrilica	5	4	4L 1.5 A1	66,2	3,0	19,1	19,4	99,0
INICIAL	Resina Composta	1	1	3L 2.5 B4	70,4	5,4	27,0	27,5	101,3
INICIAL	Resina Composta	1	2	3M3 B4	72,6	3,7	30,2	30,4	97,0
INICIAL	Resina Composta	1	3	4L 2.5 B4	70,6	5,1	28,0	28,4	100,3
INICIAL	Resina Composta	1	4	3M3 B4	73,1	5,3	29,1	29,6	100,4
INICIAL	Resina Composta	2	1	3M3 B4	73,7	6,9	30,6	31,4	102,6
INICIAL	Resina Composta	2	2	3M3 B4	75,3	7,2	32,2	33,0	102,6
INICIAL	Resina Composta	2	3	3L 2.5 B4	70,6	6,4	27,3	28,8	103,2
INICIAL	Resina Composta	2	4	3M3 B4	74,8	3,2	31,5	31,6	95,9
INICIAL	Resina Composta	3	1	3M3 B4	72,0	3,4	29,9	30,1	96,5
INICIAL	Resina Composta	3	2	3M3 B4	72,1	3,4	29,9	30,1	96,4
INICIAL	Resina Composta	3	3	3L 2.5 B4	71,7	4,7	27,6	28,0	99,6
INICIAL	Resina Composta	3	4	4L 1.5 A1	67,0	6,4	24,4	25,2	104,6
INICIAL	Resina Composta	5	1	3M3 A3	73,9	7,9	29,5	30,6	104,9
INICIAL	Resina Composta	5	2	3L 2.5 A3	71,3	5,2	26,2	26,7	101,2
INICIAL	Resina Composta	5	3	3M3 B4	74,6	6,1	31,0	31,6	101,1
INICIAL	Resina Composta	5	4	3M3 B4	72,5	4,8	28,8	29,2	99,5
INICIAL	Zirconia	1	1	1M1 B1	89,0	0,9	6,2	6,2	98,4

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

INICIAL	Zirconia	1	2	1M1 B1	88,1	1,3	6,6	6,7	100,8
INICIAL	Zirconia	1	3	1M1 B1	85,7	1,1	7,1	7,2	99,1
INICIAL	Zirconia	1	4	1M1 B1	85,7	1,4	7,8	7,9	100,5
INICIAL	Zirconia	2	1	3M3 B4	73,7	6,9	30,6	31,4	102,6
INICIAL	Zirconia	2	2	3M3 B4	75,3	7,2	31,2	33,0	102,6
INICIAL	Zirconia	2	3	3L 2.5 B4	70,6	6,4	27,3	28,0	103,2
INICIAL	Zirconia	2	4	3M3 B4	74,8	3,2	31,5	31,6	95,9
INICIAL	Zirconia	3	1	1M1 B1	84,6	1,6	10,3	10,4	98,7
INICIAL	Zirconia	3	2	1M1 B1	88,8	0,6	6,7	5,7	95,0
INICIAL	Zirconia	3	3	1M1 B1	88,4	1,0	5,8	5,9	99,3
INICIAL	Zirconia	3	4	1M1 B1	86,7	1,2	11,5	11,5	95,8
INICIAL	Zirconia	5	1	0M3 B1	90,1	0,1	10,6	10,6	89,3
INICIAL	Zirconia	5	2	1M1 B1	89,7	0,3	8,3	8,3	92,0
INICIAL	Zirconia	5	3	0M2 B1	90,9	0,2	9,7	9,7	88,1
INICIAL	Zirconia	5	4	1M1 B1	86,9	1,8	12,6	12,8	98,2
INICIAL	Ionomero	1	1	4M3 A4	72,9	0,2	41,6	41,6	89,7
INICIAL	Ionomero	1	2	4M3 A4	70,5	1,3	42,6	42,7	88,2
INICIAL	Ionomero	1	3	3M3 A3	79,1	1,3	38,4	38,4	92,0
INICIAL	Ionomero	1	4	5M3 C4	66,3	2,1	44,3	44,4	87,3
INICIAL	Ionomero	2	1	3M3 A3	78,2	1,6	35,4	35,5	92,6
INICIAL	Ionomero	2	2	4M3 A4	75,5	0,3	44,0	44,0	89,6
INICIAL	Ionomero	2	3	3M3 A3	80,7	1,0	41,8	41,8	91,3
INICIAL	Ionomero	2	4	3M3 A3	78,1	1,3	38,7	38,8	91,9
INICIAL	Ionomero	3	1	4M3 B4	77,2	0,3	44,4	44,4	89,6
INICIAL	Ionomero	3	2	3M3 A3	77,9	1,4	37,3	37,3	92,2
INICIAL	Ionomero	3	3	4M3 B4	75,0	0,5	40,2	40,2	90,7
INICIAL	Ionomero	3	4	3M3 A3	77,2	1,5	37,2	37,3	92,4
INICIAL	Ionomero	5	1	4M3 A4	76,7	0,5	45,3	45,3	89,4
INICIAL	Ionomero	5	2	3M3 A3	78,4	1,1	38,4	38,4	91,7
INICIAL	Ionomero	5	3	3M3 A3	78,2	1,6	35,4	35,5	92,6
INICIAL	Ionomero	5	4	3M3 A3	79,0	1,9	36,4	36,5	92,9
Grupo	Material	Disco	Amostra	Código (VITA)	L*	a*	b*	C*	h°
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	1	5M1 D4	60	0,47	15,8	15,9	88,2
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	2	5M1 C5	52,1	3,5	22,3	22,6	81,1
Repetição 1 MES	Cerâmica	5	3	5M1 D4	62,6	1,9	20	20,1	84,7

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3. Ceará, 2026.

Repetição 1 MES	Cerâmica	5	4	2R 1.5 A2	48,9	3,4	20,7	21	80,7
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	1	2M2 C3	67,67	-0,27	15,8	15,8	87,57
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	2	2M2 C3	67	0,3	15,3	15,3	88,8
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	3	4M1 B2	60,9	-0,6	13	13	92,5
T1 (1 mês)	Cerâmica	1	4	4L2.5 B4	61,7	1,6	19,0	19,0	85,1
Repetição 1 MES	Ionômero	5	1	5M2 A4	52,73	1	32,13	32,17	88,17
Repetição 1 MES	Ionômero	5	2	5M2 C4	59,9	-0,83	30,57	30,57	91,53
Repetição 1 MES	Ionômero	5	3	5M3 C4	50,1	3,97	35,8	36,03	83,7
Repetição 1 MES	Ionômero	5	4	5M3 C4	63,03	1,7	37,43	37,43	87,27
T1 (1 mês)	Ionômero	1	1	5M3 C4	55,07	0,57	37,63	37,73	86,13
T1 (1 mês)	Ionômero	1	2	5M3 C4	52,67	2,47	36,4	36,5	86,1
T1 (1 mês)	Ionômero	1	3	3M3 A3	75,77	-1,6	35,13	35,13	92,57
T1 (1 mês)	Ionômero	1	4	5M3 C4	63,97	1,9	41,33	41,37	87,3
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	1	5M1 C4	62	-1,1	25,3	25,4	92,4
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	2	4L 2.5 A3	65,7	-0,87	27,27	27,27	91,9
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	3	5M2 D4	61,17	-0,07	27	27	90,1
Repetição 1 MES	Resina Acrílica	5	4	5M2 D4	57,6	1,9	27,3	27,3	89,2
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	1	4L2.5 A3	66,9	-0,35	30,2	30,2	90,8
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	2	4L 2.5 A3	70,4	-1,13	27,9	27,9	92,3
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	3	4L 2.5 A4	69,37	-1,63	26,4	26,4	93,5
T1 (1 mês)	Resina Acrílica	1	4	3L 2.5 A3	73,43	-0,93	27,93	27,93	91,83
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	1	4L2.5 B4	68,43	-6,1	28,83	29,47	101,97
Repetição 1 MES	Resina composta	5	2	4L 2.5 A4	63,8	-2,33	31,37	31,43	94,3
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	3	4L2.5 B4	70,6	-5,3	31,07	31,53	99,73
Repetição 1 MES	Resina Composta	5	4	4L2.5 B4	68,53	-3,83	20,27	30,5	97,23

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

T1 (1 mês)	Resina Composta	1	1	4 L 2.5 B4	64,7	-4,3	25,96	26,4	99,43
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	2	4L 2.5 B4	69,0	-3,3	31,3	31,1	96,0
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	3	4L2.5 B4	68,87	-4,7	28,33	28,73	99,33
T1 (1 mês)	Resina Composta	1	4	4L2.5 B4	73,1	-5,3	29,1	29,6	100,4
Repetição 1 MES	Zircônia	5	1	2M2 A1	84,43	0,7	13,2	13,2	87,03
Repetição 1 MES	Zircônia	5	2	1M1 B1	85,67	0,23	11,37	11,4	88,8
Repetição 1 MES	Zircônia	5	3	3L 2.5 B4	84,23	0,17	12,93	12,93	103,2
Repetição 1 MES	Zircônia	5	4	2R2.5 A2	84,23	0,17	12,93	12,93	89,2
T1 (1 mês)	Zircônia	1	1	1M1 B1	87,03	-0,53	6,77	6,77	94,37
T1 (1 mês)	Zircônia	1	2	2M2 B2	83,07	1,3	18,07	18,13	95,17
T1 (1 mês)	Zircônia	1	3	1M1 B1	85,3	-1,27	7,97	8,07	99,07
T1 (1 mês)	Zircônia	1	4	1M1 B1	77,9	-0,4	17,23	17,23	91,3
Grupo	Material	Disco	Amostr a	Código (VITA)	L*	a*	b*	C*	h°
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	1	5M1 C4	58,1	3,4	25,8	26,0	82,5
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	2	5M1 C4	56,7	3,5	23,2	23,5	81,5
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	3	5M1 C4	56,8	2,6	23,9	24,1	83,8
Repetição 3 MESES	Cerâmica	5	4	5M1 C4	59,7	3,2	22,7	22,9	82,1
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	1	5M1 C4	52,2	2,7	21,2	21,4	82,7
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	2	4L 1.5 C3	70,1	0,8	18,7	18,7	87,7
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	3	5M2 C4	31,5	9,4	26,6	28,3	70,5
T2 (3 meses)	Cerâmica	2	4	5M1 C4	54,4	4,2	25,7	26,0	80,8
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	1	5M2 C4	33,5	7,6	34,2	35,0	77,4
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	2	5M3 C4	45,3	5,6	37,5	37,9	81,5
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	3	5M2 C4	33,8	7,3	34,2	35,0	78,0
Repetição 3 MESES	Ionômero	5	4	5M3 C4	37,7	8,1	37,2	38,1	77,7
T2 (3 meses)	Ionômero	2	1	5M3 C4	60,5	1,18	37,4	37,4	87,3

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

T2 (3 meses)	Ionômero	2	2	5M3 C4	39,3	10.2	39.5	40.8	75.5
T2 (3 meses)	Ionômero	2	3	5M1 C4	38,5	2.0	4.1	4.6	63.9
T2 (3 meses)	Ionômero	2	4	5M1 C4	25.8	4.4	23.7	24.2	79.4
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	1	4L 1.5 A4	68.5	-2.6	23.4	23.6	96.4
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	2	4L 2.5 B4	68.3	-0.5	28.4	28.5	91.0
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	3	3L 2.5 A3	74.6	-2.1	22.9	23.0	95.1
Repetição 3 MESES	Resina Acrílica	5	4	5M1 D4	63.7	-2.2	22.4	22.5	95.7
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	1	3M3 A3	74.8	1.0	29.5	29.5	91.9
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	2	3M3 A3	72.4	-0.9	28.8	28.8	91.8
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	3	3M3 B4	75.6	-0.4	29.3	29.3	90.8
T2 (3 meses)	Resina Acrílica	2	4	3M3 B4	77.8	-0.5	30.9	30.9	90.9
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	1	4L2.5 B4	68.1	-5.2	29.5	29.9	99.9
Repetição 3 MESES	Resina composta	5	2	5M2 C4	52.4	-1.6	28.9	29.0	93.1
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	3	3M3 B4	73.7	-5,3	31.06	32.1	99.6
Repetição 3 MESES	Resina Composta	5	4	3M3 B4	73.1	-5.3	28.4	28.8	100.6
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	1	5M2 C4	53.4	-0.5	30.6	30.6	91.0
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	2	5M1 C4	42.3	3.2	9.5	10.1	71.4
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	3	3M3 A3	76.2	-6.2	29.7	30.3	101.8
T2 (3 meses)	Resina Composta	2	4	5M2 C4	37.5	6.8	13.6	15.2	63.5
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	1	4R 1.5 A4	69.8	3.3	24.4	24.7	82.2
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	2	4R 1.5 A4	69.8	3.3	24.5	24.7	82.2
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	3	3M2 A3	74.1	2.0	19.8	19.9	84.1
Repetição 3 MESES	Zircônia	5	4	5M2 C4	63.0	4.5	30.7	31.0	81.7
T2 (3 meses)	Zircônia	2	1	3M1 C4	52.7	1.2	2.1	2.4	60.9

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

T2 (3 meses)	Zircônia	2	2	0M1 B1	88.4	-0.6	9.4	9.4	93.9
T2 (3 meses)	Zircônia	2	3	5M1 C4	49.9	4.7	16.8	17.4	74.3
T2 (3 meses)	Zircônia	2	4	1M1 B1	85.4	-0.6	7.0	7.0	95.3
Grupo	Material	Disco	Amostr a	Código (VITA)	L*	a*	b*	C*	h°
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	1	3M2 B3	74.0	1.5	21.5	21.6	86.0
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	2	3R1.5 C3	71.3	1.3	20.1	20.1	86.2
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	3	4R1.5 A4	70.4	2.0	22.0	22.1	84.7
Repetição 6 MESES	Cerâmica	5	4	3R1.5 B3	71.5	1.8	21.1	21.2	85.2
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	1	5M3 C4	28.3	14.1	34.2	37.0	67.5
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	2	5M2 C4	42.3	7.6	30.5	31.4	75.9
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	3	5M2 C4	33.8	10.0	27.8	29.6	70.2
T3 (6 meses)	Cerâmica	3	4	5M2 C4	42.9	7.0	28.4	29.3	76.2
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	1	4M3 B4	64.0	-0.2	37.2	37.2	90.3
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	2	5M3 C4	57.1	1.6	36.6	36.7	87.5
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	3	4M3 B4	69.6	-0.6	38.8	38.8	90.9
Repetição 6 MESES	Ionômero	5	4	5M3 A4	64.8	1.1	40.4	40.4	88.4
T3 (6 meses)	Ionômero	3	1	5M1 C4	39.9	4.5	12.3	13.1	70.0
T3 (6 meses)	Ionômero	3	2	5M1 C4	8.5	5.0	14.9	15.7	71.2
T3 (6 meses)	Ionômero	3	3	5M1 C4	12.5	0.5	5.3	5.4	84.3
T3 (6 meses)	Ionômero	3	4	5M3 C4	45.9	5.1	35.3	35.6	81.8
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	1	4L 1.5 A4	69.4	-2.8	23.9	24.1	96.6
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	2	3L 2.5 A3	75.4	-2.4	25.5	25.6	95.3
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	3	3L 2.5 A3	73.6	-2.1	24.8	24.9	94.8
Repetição 6 MESES	Resina Acrílica	5	4	5M1 D4	63.3	-2.8	24.5	24.6	96.6
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	1	3L2.5 B4	74.9	-0.4	27.7	27.7	90.9
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	2	3L2.5 A3	75.6	-1.5	25.0	25.1	93.5
T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	3	4L 1.5 A4	67.5	-2.0	23.4	23.5	94.9

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

Continuação Tabela A3 – Valores individuais de Estabilidade de cor das amostras no tempo T0 ao T3.
Ceará, 2026.

T3 (6 meses)	Resina Acrílica	3	4	5M2 C4	42.1	6.4	31.5	32.1	78.5
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	1	4L2.5 B4	64.3	-8.0	30.6	31.7	104.6
Repetição 6 MESES	Resina composta	5	2	5M2 B4	60.9	-6.4	32.9	32.7	101.3
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	3	5M2 C4	50.9	-6.7	32.4	33.1	101.6
Repetição 6 MESES	Resina Composta	5	4	4L2.5 B4	65.6	-6.4	30.5	31.1	101.8
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	1	5M2 C4	56.7	-1.3	34.7	34.7	92.2
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	2	5M3 A3	60.1	-1.1	36.5	36.5	91.8
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	3	5M3 C4	48.6	4.1	41.0	41.2	84.3
T3 (6 meses)	Resina Composta	3	4	5M3 C4	50.8	4.8	43.2	43.4	83.7
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	1	5M2 C4	59.1	2.6	27.4	27.6	84.5
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	2	4L2.5 B4	63.6	3.9	31.4	31.7	97.1
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	3	5M2 C4	60.3	5.0	30.7	31.1	80.8
Repetição 6 MESES	Zircônia	5	4	5M2 C4	62.2	3.6	29.7	29.0	83.1
T3 (6 meses)	Zircônia	3	1	5M3 C4	41.2	11.5	37.7	39.4	73.0
T3 (6 meses)	Zircônia	3	2	5M3 C4	36.0	10.6	33.5	35.1	72.3
T3 (6 meses)	Zircônia	3	3	2M1 A1	82.0	-0.2	12.8	12.8	90.8
T3 (6 meses)	Zircônia	3	4	5M2 C4	60.1	4.7	29.2	29.6	80.8

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2026.

ANEXO A – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - JULHO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA – CE
FONE: (85) 3264-4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
e-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

NUMERO DA AMOSTRA		2	5	0	7	0	6	3	9
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA									
ENDEREÇO: Barreira							CIDADE: Barreira – CE		
LOCAL DA COLETA: Centro do açude									
MANANCIAL: Açude criancó					NATUREZA: Água bruta				
DATA DA COLETA: 21/07/2025			HORA: 14:30		CHEGADA AO LAB: 22/07/2025 – 11:27				
VOLUME: 1000mL			RESP. PELA COLETA: O cliente						
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa									
OBS: -									

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	*COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 26,0	36,0	-	NO	CORADO
AMBIENTE: 28,0				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS VMP [* 3] UNIDADE		
ALC. EM BICARBONATOS	101,29	-	mg CaCO ₃ /L	
ALC. CARBONATOS	0,00	-	mg CaCO ₃ /L	
ALC. HIDRÓXIDOS	0,00	-	mg CaCO ₃ /L	
ALCALINIDADE TOTAL	101,29	-	mg CaCO ₃ /L	
CÁLCIO	52,18	-	mg Ca ²⁺ /L	
*CLORETOS	617,54	250	mg Cl ⁻ /L	
COND. ELÉTRICA	1,540	-	mS/cm	
DUREZA DE CÁLCIO	129,22	-	mg CaCO ₃ /L	
DUREZA DE MAGNÉSIO	297,24	-	mg CaCO ₃ /L	
*DUREZA TOTAL	426,46	300	mg CaCO ₃ /L	
*FERRO TOTAL	0,97	0,3	mg Fe/L	
FLUORETOS	0,49	1,5	mg F ⁻ /L	
MAGNÉSIO	72,29	-	mg Mg ²⁺ /L	
NITRATOS	1,18	10,0	mg N-NO ₃ /L	
NITRITOS	<0,01	1,0	mg N-NO ₂ /L	
pH	7,20	6,0 a 9,5	Recomendado	
RESIDUAL DE CLORO	<0,1	0,2 a 2,0	mg Cl ₂ /L	
SÓLIDOS DISSOLVIDOS	1.001,00	500	mg/L	
TURBIDEZ	2,79	5,0	UNT [*4]	
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.		[*2] NO – Não Objetável		
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação		[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez		

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 the Edition 2017

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores de referência na qual a pesquisa se enquadra. Recomenda-se realizar também a análise microbiológica.

DATA: 28/07/2025

RESP. TÉCNICO:


 Jaqui Oliveira Pascoal
 Form. Bioq. Sanitarista
 CRPCE - 905

RMO

ANEXO B – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - AGOSTO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA – CE
FONE: (85) 3264-4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
e-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOQUÍMICA DA ÁGUA								
NUMERO DA AMOSTRA	2	5	0	8	0	7	6	7
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA								
ENDEREÇO: Barreira						CIDADE: Barreira – CE		
LOCAL DA COLETA: Centro do açude								
MANANCIAL: Açude Criançó				NATUREZA: Água bruta				
DATA DA COLETA: 31/08/2025			HORA: 16:00		CHEGADA AO LAB: 01/09/2025 – 15:55			
VOLUME: 700mL			RESP. PELA COLETA: O cliente					
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa								
OBS: -								

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	*COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	29,0	-	NO	LEVEMENTE CORADO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS		VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS VMP [* 3] UNIDADE	
ALC. EM BICARBONATOS		97,71	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. CARBONATOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. HIDRÓXIDOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALCALINIDADE TOTAL		97,71	-	mg CaCO ₃ /L
CÁLCIO		50,58	-	mg Ca ²⁺ /L
*CLORETOS		634,15	250	mg Cl ⁻ /L
COND. ELÉTRICA		1,560	-	mS/cm
DUREZA DE CÁLCIO		124,94	-	mg CaCO ₃ /L
DUREZA DE MAGNÉSIO		316,07	-	mg CaCO ₃ /L
*DUREZA TOTAL		441,01	300	mg CaCO ₃ /L
FERRO TOTAL		0,28	0,3	mg Fe/L
FLUORETOS		0,36	1,5	mg F ⁻ /L
MAGNÉSIO		76,87	-	mg Mg ²⁺ /L
NITRATOS		0,98	10,0	mg N-NO ₃ /L
NITRITOS		<0,01	1,0	mg N-NO ₂ /L
pH		7,56	6,0 a 9,5	Recomendado
RESIDUAL DE CLORO		<0,1	0,2 a 2,0	mg Cl ₂ /L
*SÓLIDOS DISSOLVIDOS		1.014,0	500	mg/L
TURBIDEZ		2,76	5,0	UNT [*4]
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.			[*2] NO – Não Objetável	
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez	

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

*METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater. 23 the Edition 2017*

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores de referência na qual a pesquisa se enquadra.

DATA: 04/09/2025

RESP. TÉCNICO:


 Juceli Oliveira Pascoal
 Farm. Biotecnologista
 CRFCE - 905

RMO

ANEXO C – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - SETEMBRO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA - CE
FONE: (85) 3264-4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
e-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOQUÍMICA DA ÁGUA									
NUMERO DA AMOSTRA	2	5	0	9	0	8	3	0	
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA									
ENDEREÇO: Barreira						CIDADE: Barreira – CE			
LOCAL DA COLETA: Centro do açude									
MANANCIAL: Açude Criancó				NATUREZA: Água bruta					
DATA DA COLETA: 22/09/2025			HORA: 15:30		CHEGADA AO LAB: 23/09/2025 – 13:00				
VOLUME: 700mL			RESP. PELA COLETA: Cliente						
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa									
OBS: -									

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	83,0	-	NO	CORADO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS		
		VMP [* 3]		UNIDADE
ALC. EM BICARBONATOS	100,04	-		mg CaCO ₃ /L
ALC. CARBONATOS	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
ALC. HIDRÓXIDOS	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
ALCALINIDADE TOTAL	100,04	-		mg CaCO ₃ /L
CÁLCIO	56,67	-		mg Ca ²⁺ /L
CLORETOS	587,42	250		mg Cl ⁻ /L
COND. ELÉTRICA	1,880	-		mS/cm
DUREZA DE CÁLCIO	139,98	-		mg CaCO ₃ /L
DUREZA DE MAGNÉSIO	290,96	-		mg CaCO ₃ /L
*DUREZA TOTAL	430,94	300		mg CaCO ₃ /L
*FERRO TOTAL	0,96	0,3		mg Fe/L
FLUORETOS	0,44	1,5		mg F ⁻ /L
MAGNÉSIO	70,76	-		mg Mg ²⁺ /L
NITRATOS	1,36	10,0		mg N-NO ₃ /L
NITRITOS	<0,01	1,0		mg N-NO ₂ /L
pH	7,33	6,0 a 9,5		Recomendado
RESIDUAL DE CLORO	<0,1	0,2 a 2,0		mg Cl ₂ /L
*SÓLIDOS DISSOLVIDOS	1.222,0	500		mg/L
TURBIDEZ	3,08	5,0		UNT [*4]
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.		[*2] NO – Não Objetável		
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação		[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez		

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 the Edition 2017

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores determinados nas análises anteriores.

DATA: 29/09/2025

RESP. TÉCNICO:


 Juceli Oliveira Pascoal
 Farm. Biotecnologia
 CRP/CE - 1005

LUF

ANEXO D – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - OUTUBRO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA – CE
FONE: (85) 3264-4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
e-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ORGANOQUÍMICA DA ÁGUA		2	5	1	0	0	9	5	7
NUMERO DA AMOSTRA									
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA									
ENDEREÇO: Barreira, S/N							CIDADE: Barreira – CE		
LOCAL DA COLETA: Centro do açude									
MANANCIAL: Açude Criançó					NATUREZA: Água bruta				
DATA DA COLETA: 27/10/2025			HORA: 16:00		CHEGADA AO LAB: 28/10/2025 – 15:00				
VOLUME: 2000mL			RESP. PELA COLETA: O cliente						
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa									
OBS: -									

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	*COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	46,0	-	NO	CORADO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS		VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS VMP [* 3] UNIDADE	
ALC. EM BICARBONATOS		107,19	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. CARBONATOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. HIDRÓXIDOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALCALINIDADE TOTAL		107,19	-	mg CaCO ₃ /L
CÁLCIO		58,28	-	mg Ca ²⁺ /L
CLORETOS		707,26	250	mg Cl ⁻ /L
COND. ELÉTRICA		1,990	-	mS/cm
DUREZA DE CÁLCIO		144,30	-	mg CaCO ₃ /L
DUREZA DE MAGNÉSIO		305,14	-	mg CaCO ₃ /L
DUREZA TOTAL		449,44	300	mg CaCO ₃ /L
*FERRO TOTAL		0,58	0,3	mg Fe/L
FLUORETOS		0,48	1,5	mg F ⁻ /L
MAGNÉSIO		74,21	-	mg Mg ²⁺ /L
NITRATOS		0,53	10,0	mg N-NO ₃ /L
NITRITOS		<0,01	1,0	mg N-NO ₂ /L
pH		6,58	6,0 a 9,5	Recomendado
RESIDUAL DE CLORO		<0,1	0,2 a 2,0	mg Cl ₂ /L
*SÓLIDOS DISSOLVIDOS		1.293,50	500	mg/L
*TURBIDEZ		5,63	5,0	UNT [*4]
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.			[*2] NO – Não Objetável	
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez	

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater. 23rd Edition 2017

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores determinados nas análises anteriores.

DATA: 03/11/2025

RESP. TÉCNICO:


 Juari Oliveira Pascoal
 Farm. Biotecnológica
 CRPCE - 985

RMO

ANEXO E – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - NOVEMBRO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA – CE
FONE: (85) 3264 -4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
e-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLEPTICA DA ÁGUA									
NUMERO DA AMOSTRA	2	5	1	1	1	0	8	3	
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA									
ENDEREÇO: Barreira, S/N							CIDADE: Barreira – CE		
LOCAL DA COLETA: Centro do açude									
MANANCIAL: Açude Criancó					NATUREZA: Água bruta				
DATA DA COLETA: 28/11/2025			HORA: 16:00		CHEGADA AO LAB: 29/11/2025 – 09:30				
VOLUME: 2000 mL			RESP. PELA COLETA: O cliente						
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa									
OBS: -									

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	*COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	42,0	-	NO	CORADO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS		VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS VMP [* 3] UNIDADE	
ALC. EM BICARBONATOS		103,02	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. CARBONATOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALC. HIDRÓXIDOS		0,00	-	mg CaCO ₃ /L
ALCALINIDADE TOTAL		103,02	-	mg CaCO ₃ /L
CÁLCIO		60,12	-	mg Ca ²⁺ /L
*CLORETOS		654,71	250	mg Cl ⁻ /L
COND. ELÉTRICA		2,040	-	mS/cm
DUREZA DE CÁLCIO		151,52	-	mg CaCO ₃ /L
DUREZA DE MAGNÉSIO		264,64	-	mg CaCO ₃ /L
*DUREZA TOTAL		416,16	300	mg CaCO ₃ /L
*FERRO TOTAL		0,46	0,3	mg Fe/L
FLUORETOS		0,42	1,5	mg F ⁻ /L
MAGNÉSIO		64,36	-	mg Mg ²⁺ /L
NITRATOS		0,69	10,0	mg N-NO ₃ /L
NITRITOS		<0,01	1,0	mg N-NO ₂ /L
pH		6,67	6,0 a 9,5	Recomendado
RESIDUAL DE CLORO		<0,1	0,2 a 2,0	mg Cl ₂ /L
*SÓLIDOS DISSOLVIDOS		1.326,00	500	mg/L
TURBIDEZ		2,54	5,0	UNT [*4]
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.			[*2] NO – Não Objetável	
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez	

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23 the Edition 2017

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores determinados nas análises anteriores.

DATA: 04/12/2025

RESP. TÉCNICO:


 Juan Oliveira Pascoal
 Farm. Biotecnologista
 CRPCE - 905

RMO

ANEXO F – LAUDO LABORATORIAL DA ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DO AÇUDE CRIANCÓ - DEZEMBRO DE 2025



BIO ANÁLISE PASCOAL
PASCOAL & PASCOAL S/S EIRELI
RUA DR. JOSÉ LOURENÇO, 980 - ALDEOTA / FORTALEZA - CE
FONE: (85) 3264-4748 / (85) 3244-7846 / 99921-2424
CEP: 60115-280 CNPJ: 00.940.139/0001-15
E-mail – contato@biopascoal.com.br - www.biopascoal.com.br

ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E ORGANOLÉPTICA DA ÁGUA

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E ORGANOQUÍMICA DA ÁGUA							
NUMERO DA AMOSTRA	2	5	1	2	1	5	1
NOME DO SOLICITANTE: LILIANE EMILIA ALEXANDRE OLIVEIRA							
ENDEREÇO: Barreira, S/N						CIDADE: Barreira – CE	
LOCAL DA COLETA: Centro do açude							
MANANCIAL: Açude Criançó				NATUREZA: Água bruta			
DATA DA COLETA: 25/12/2025		HORA: 16:00		CHEGADA AO LAB: 26/12/2025 – 12:40			
VOLUME: 2000mL		RESP. PELA COLETA: O cliente					
USO A QUE SE DESTINA: Pesquisa							
OBS: -							

RESULTADO DA ANÁLISE

TEMP °C	*COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	36,0	-	NO	LEVEMENTE CORADO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF. Portaria 888 MS VMP [* 3] UNIDADE		
ALC. EM BICARBONATOS	105,66	-		mg CaCO ₃ /L
ALC. CARBONATOS	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
ALC. HIDRÓXIDOS	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
ALCALINIDADE TOTAL	105,66	-		mg CaCO ₃ /L
CÁLCIO	62,68	-		mg Ca ²⁺ /L
*CLORETOS	789,03	250		mg Cl ⁻ /L
COND. ELÉTRICA	2,122	-		mS/cm
DUREZA DE CÁLCIO	157,98	-		mg CaCO ₃ /L
DUREZA DE MAGNÊSIO	263,23	-		mg CaCO ₃ /L
*DUREZA TOTAL	421,21	300		mg CaCO ₃ /L
FERRO TOTAL	0,18	0,3		mg Fe/L
FLUORETOS	0,26	1,5		mg F ⁻ /L
MAGNÊSIO	64,02	-		mg Mg ²⁺ /L
NITRATOS	1,08	10,0		mg N-NO ₃ /L
NITRITOS	<0,01	1,0		mg N-NO ₂ /L
pH	6,84	6,0 a 9,5		Recomendado
RESIDUAL DE CLORO	<0,1	0,2 a 2,0		mg Cl ₂ /L
*SÓLIDOS DISSOLVIDOS	1.379,30	500		mg/L
TURBIDEZ	3,92	5,0		UNT [*4]
[*1] UH – Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH.		[*2] NO – Não Objetável		
[*3] VMP – Valor Máximo Permissível pela Legislação		[*4] UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez		

O PRESENTE RESULTADO LIMITA-SE À AMOSTRA ANALISADA.

*METODOLOGIA: Método de Análise baseado no Standard Methods for the Examination of
Water and Wastewater. 23 the Edition 2017*

LAUDO: Os parâmetros analisados deverão ser comparados com os valores determinados nas análises anteriores (considerar se houve ou não chuva no período).

DATA: 30/12/2025

RESP. TÉCNICO:


 Juan Oliveira Pascoal
 Form. Eng. Sanitarista
 CREFIC - 905

RMO