



CATÓLICA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

---

VISEU

# **ANÁLISE DO TORQUE EXERCIDO DURANTE O APERTO MANUAL DE PILARES DE IMPLANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para  
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

André Abreu Trindade Coelho

Viseu, 2023





CATÓLICA  
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

---

ISEU

# **ANÁLISE DO TORQUE EXERCIDO DURANTE O APERTO MANUAL DE PILARES DE IMPLANTES**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para  
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

André Abreu Trindade Coelho

*Orientador:*

Professor Doutor André Correia

*Coorientador:*

Professor Doutor Luis Mezzomo

Viseu, 2023



“Our greatest weakness lies in giving up.  
The most certain way to succeed is always to try just one more time.”

--Thomas A. Edison



## **Dedicatória**

### **Aos meus pais,**

Só me resta agradecer por toda a dedicação, apoio, amor e sacrifício. Não são apenas pais, são amigos, companheiros... Obrigado Pai, obrigado Mãe. Tudo o que sou devo a vocês!

### **Ao meu irmão,**

Quero-te agradecer por me demonstrares que não há impossíveis, agradeço-te e admiro-te por tudo aquilo que tu és. Do fundo do meu coração, obrigado!

### **Aos meus amigos,**

Vocês sabem o quão importante foram e são para mim, sem vocês nada disto faria sentido. Obrigado por toda a força e motivação.

### **A minha namorada,**

Quero-te agradecer por seres sempre o meu braço direito e por estares sempre do meu lado!

Dedico esta conquista a todos vocês!



## Agradecimentos

Ao meu orientador, **Prof. Doutor André Correia**, pelo rigor, disciplina, exigência e disponibilidade. Por todo o conhecimento transmitido! Muito obrigado Professor!

Ao meu co-orientador, **Prof. Doutor Luís André Mezzomo** pela ajuda no desenho deste estudo!

À **Professora Joana Fialho**, pela colaboração na análise estatística deste estudo, muito obrigado!

A todos os **Docentes** e **Auxiliares**, quero agradecer por todo o conhecimento transmitido não só a nível profissional mas também a nível pessoal, obrigado por tudo.

Ao **Straumann Group®**, nomeadamente **Straumann®** e **Medentika®** e à **FMD-UCP** pelo material disponibilizado para a realização deste estudo.

À minha **família**, aos meus **amigos** e a minha **namorada**, por todo o amor, dedicação e apoio incansável.

A **todos** os que dedicaram parte do seu tempo e contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho!

O meu sincero obrigado!



## RESUMO

**Introdução:** Na reabilitação oral com prótese fixa aparafusada a implantes dentários é muito importante respeitar os valores de torque de aperto dos pilares e parafusos protéticos recomendados pelos fabricantes. Esse aperto pode ser executado com chaves de parafusos específicas e com torquímetros, que permitem um controle mais preciso do torque de aperto. Embora os torquímetros sejam recomendados e utilizados, muitas vezes verifica-se o desaperto de estruturas protéticas, o que nos permite questionar se o valor de torque recomendado foi atingido durante o aperto da estrutura. Esta investigação justifica-se no sentido de se verificar a exatidão de torquímetros (manuais e digitais) e comparar a força manual de uma amostra de estudantes e docentes, face à fraca evidência científica existente sobre este assunto

**Materiais e métodos:** Este estudo foi dividido em 5 ensaios pré-clínicos. No primeiro, foram utilizados dois tipos de torquímetros manuais com sistemas dinamométricos diferentes: *spring-style* e *friction-style*; para apertar um pilar a um implante incluído em gesso tipo III, ou retido diretamente num torquímetro de bancada. O valor medido em cada ciclo foi registado num torquímetro de bancada. No segundo, foi utilizada uma terceira mesa de trabalho e foram executados 10 ciclos de aperto com dois torquímetros digitais (iChiropro® e iSD900®), tendo-se registado o valor obtido no torquímetro de bancada. No terceiro, foram realizadas medições do torque máximo efetuado por 5 docentes e 5 alunos (5º ano) da FMD-UCP, com uma chave de aperto manual. No quarto, após o aperto do parafuso a 35 Ncm, foi verificado se cada docente/aluno conseguia desapertá-lo com recurso a uma chave de aperto manual. Foi registado o pico de torque, através do torquímetro de bancada.

**Resultados:** no primeiro ensaio o torquímetro *Spring-Style* (Straumann®) exerceu um torque mais elevado do que o torquímetro *Friction-Style* (Medentika®), sendo a diferença estatisticamente significativa no aperto a 35 Ncm. A média dos valores de torque obtidos com ambos os torquímetros foram estatisticamente significativamente inferiores, em 25,3-34,3%, aos valores de referência de 15 e 35 Ncm. Não existiram diferenças estatisticamente significativas relativamente ao torque aplicado no análogo de implante incluído em gesso Tipo III ou montado diretamente no torquímetro de bancada. No segundo ensaio verificou-se que os torquímetros digitais são mais exatos quando comparados com os torquímetros manuais. No terceiro ensaio, constatou-se que o torque exercido pelos docentes é estatisticamente significativamente superior ao torque exercido pelos alunos. No ensaio 4 foi verificado que o desaperto manual de parafusos protéticos previamente apertados a 35 Ncm requer um torque estatisticamente significativamente maior do que o torque de aperto aplicado.

**Conclusão:** Os torquímetros manuais registaram valores significativamente inferiores aos valores de referência. Os torquímetros manuais são menos exatos que os torquímetros digitais. A maior experiência do operador induz uma maior força de aperto/desaperto. O desaperto manual de parafusos protéticos previamente apertados a 35 Ncm requer um torque significativamente maior do que o torque de aperto aplicado.

**Palavras-chave:** torque, prostodontia, pilares, implantes dentários, implantologia



## ABSTRACT

**Introduction:** In fixed prosthetic oral rehabilitation with dental implants, it is crucial to use the recommended torque values for tightening abutments and prosthetic screws provided by manufacturers. This tightening can be performed using specific screwdrivers and torque wrenches, which allow for more precise control of the tightening torque. Progressive loosening of screws can lead to mechanical and biological complications due to the lack of stability of the dental prosthesis. Although torque wrenches are recommended and commonly used, there are often instances of loosening of prosthetic structures, raising questions about whether the recommended torque value was achieved during the tightening process. This investigation is justified to verify the accuracy of torque wrenches (manual and digital) and compare the manual strength of students and teachers, given the poor existing scientific evidence on this subject.

**Materials and Methods:** This study was divided into 5 preclinical trials. In the first trial, two types of manual torque wrenches with different dynamometric systems, spring-style and friction-style, were used to tighten an abutment to implant analogue embedded in Type III gypsum implant or directly on a torque measurement cell. For each torque wrench, 10 cycles of tightening/loosening were performed for preselected values of 15 and 35 Ncm. The measured value in each cycle was recorded using a torque measurement cell. In the second trial, a third workstation was used, and 10 cycles of tightening were performed using two digital torque wrenches (iChiropro® and iSD900®), with the obtained value recorded on the torque measurement cell. In the third trial, measurements of the maximum torque applied by 5 teachers and 5 students (5th year) from FMD-UCP were conducted using a manual tightening wrench. In the fourth trial, after tightening the screw to 35 Ncm, it was verified whether each teacher/student could loosen it using a manual tightening wrench. The peak torque, measured by the torque measurement cell was recorded.

**Results:** In the first trial, the Spring-Style torque wrench (Straumann®) exerted a higher torque than the Friction-Style torque wrench (Medentika®), and the difference was statistically significant during tightening at 35 Ncm. The average torque values obtained with both torque wrenches were statistically significantly lower, by 25.3-34.3%, compared to the reference values of 15 and 35 Ncm. There were no statistically significant differences regarding the applied torque on the implant analog included in Type III plaster or mounted directly on the benchtop torque gauge. In the second trial, it was observed that digital torque wrenches are more accurate when compared to manual torque wrenches. In the third trial, it was found that the torque applied by the instructors is statistically significantly higher than the torque applied by the students. In the fourth trial, it was verified that manual loosening of prosthetic screws previously tightened to 35 Ncm requires a statistically significantly higher torque than the applied tightening torque.

**Conclusion:** The manual torque wrenches recorded significantly lower values than the reference values. Manual torque wrenches are less accurate than digital torque wrenches. The operator's experience leads to a higher tightening/loosening force. Manual loosening of prosthetic screws previously tightened to 35 Ncm requires a significantly higher torque than the applied tightening torque.

**Keywords (Mesh Terms):** torque, prosthodontics, dental abutments, dental implants, implantology



## ÍNDICE:

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Reabilitação oral protética.....	4
1.2. O conceito mecânico de torque.....	5
1.2.1. O torque e a sua relação com próteses implantossuportadas.....	5
1.3. Componentes e acessórios protéticos .....	6
1.4. Tipos de torquímetros .....	8
1.4.1. Precisão e exatidão dos torquímetros.....	8
1.5. Objetivos e justificação do trabalho .....	9
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	11
2.1. Caracterização do estudo .....	13
2.2. Caracterização da amostra.....	13
2.3. Caracterização dos participantes nos ensaios .....	18
2.4. Ensaio 1: ensaio mecânico aos torquímetros manuais .....	18
2.5. Ensaio 2: ensaio mecânico com torquímetros digitais .....	20
2.6. Ensaio 3: análise do torque máximo exercido manualmente .....	22
2.7. Ensaio 4: análise da força necessária para o desaperto de parafusos protéticos .....	23
2.8. Análise estatística.....	24
2.8.1. Ensaio 1 .....	25
2.8.2. Ensaio 2 .....	26
2.8.3. Ensaio 3 .....	26
2.8.4. Ensaio 4 .....	26
3. RESULTADOS.....	27
3.1. Caracterização dos participantes.....	30
3.2. Resultados do ensaio 1 .....	31
3.2.1. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 15 Ncm.....	32
3.2.2. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 35 Ncm.....	32
3.2.3. Resultados do ensaio 1a – análogo seguro no torquímetro de bancada	33
3.2.4. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 15 Ncm.....	34
3.2.5. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 35 Ncm.....	34
3.2.6. Exatidão do torque indicado por ambos os torquímetros.....	35
3.2.7. Comparação entre a “base” do análogo de implante .....	35

3.3.	Resultados do ensaio 2 .....	36
3.3.1.	Digital vs Manual (15 Ncm).....	37
3.3.2.	Digital vs Manual (35 Ncm).....	37
3.4.	Resultados do ensaio 3 .....	39
3.4.1.	Comparação entre o torque e IMC de docentes e alunos .....	40
3.5.	Resultados do ensaio 4 .....	40
4.	DISCUSSÃO.....	43
4.1.	Análise crítica ao estudo.....	51
5.	CONCLUSÕES .....	53
6.	BIBLIOGRAFIA .....	57
7.	ANEXOS .....	63
7.1.	Certificado de calibração do torquímetro de bancada.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mesas de trabalho com análogos incluídos em gesso tipo III.....	14
Figura 2 - Pilar <i>standard</i> reto e parafuso de aperto. (Fonte: eShop Straumann®(46)).	14
Figura 3 - Mesa de trabalho com análogo incluído e respetivo pilar <i>standard</i> e parafuso de aperto. ....	15
Figura 4 - RT Análogo do implante, TAN. (Fonte: eShop Straumann®(46)). ....	15
Figura 5 - Torquímetro do tipo <i>Friction-style</i> da marca Medentika®. (Fonte: eShop Straumann®(46)). ....	16
Figura 6 - SCS chave de parafusos. (Fonte: eShop Straumann®(46)). ....	16
Figura 7 - Torquímetro do tipo <i>Spring-style</i> (Straumann®). (Fonte: eShop Straumann®(46)). ....	16
Figura 8 - SCS chave de parafusos para contra ângulo. (Fonte: eShop Straumann®(46)). ....	16
Figura 9 - Torquímetro digital iSD900®. ....	16
Figura 10 - Motor de implantes iChiropro®. ....	17
Figura 11 - Torquímetro de bancada com mesa de trabalho montada. ....	17
Figura 12 - Exemplo de posicionamento da mão do operador a utilizar o torquímetro sobre a mesa de trabalho. ....	19
Figura 13 - Esquema resumido do ensaio mecânico realizado aos torquímetros manuais. ....	19
Figura 14 - Análogo do implante seguro no torquímetro de bancada. ....	20
Figura 15 - iChiropro® calibrado a 15 Ncm e a 35 Ncm. ....	21
Figura 16 - iSD900® calibrado a 15 Ncm e a 35 Ncm. ....	21
Figura 17 - Esquema resumido do ensaio mecânico aos torquímetros digitais. ....	22
Figura 18 - Esquema resumido da análise do torque máximo exercido manualmente. ....	23
Figura 19 - Esquema resumido da análise da força necessária para o desaperto de parafusos protéticos. ....	24



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Informações de cada participante neste estudo.....	30
Tabela 2 - Valores de torque dos torquímetros <i>Spring-style</i> e <i>Friction-style</i> após 10 ciclos de aperto, para os valores de referência de 15 Ncm e 35 Ncm.....	31
Tabela 3 - Análise descritiva dos valores de torque obtido com o análogo incluído na mesa de trabalho. ....	31
Tabela 4 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste U de Mann-Whitney. ....	32
Tabela 5 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes. .	32
Tabela 6 - Valores de torque, em Ncm, dos torquímetros <i>Friction-style</i> e <i>Spring-style</i> após 10 ciclos de aperto, para os valores de 15 Ncm e 35 Ncm.....	33
Tabela 7 - Valor médio, desvio padrão, valores máximos e mínimos relativos aos valores de torque obtido com o análogo seguro no torquímetro de bancada.....	33
Tabela 8 – Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes. 34	
Tabela 9 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes. .	34
Tabela 10 – Resultados obtidos pela aplicação do Teste T para uma amostra. ....	35
Tabela 11 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste U de Mann-Whitney. ....	35
Tabela 12 - Valores de torque, em Ncm, dos torquímetros digitais após 10 ciclos de aperto, para os valores de 15 Ncm e 35 Ncm.....	36
Tabela 13 - Valor médio, desvio padrão, valores máximos e mínimos relativos aos valores de torque obtidos com os torquímetros digitais. ....	36
Tabela 14 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes para 15 Ncm. ....	37
Tabela 15 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes para 35 Ncm. ....	37
Tabela 16 - Análise descritiva dos valores de torque obtido. ....	39
Tabela 17 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste para amostras independentes. ....	40
Tabela 18 - Resultados obtidos pela aplicação do Teste ANOVA. ....	40
Tabela 19 - Análise do desaperto / não desaperto, valor obtido por cada participante, médias, valores máximos e mínimos e desvios padrão. ....	41



## **Lista de abreviaturas e siglas:**

**FMD-UCP** – Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa

**IMC** – Índice de Massa Corporal

$M_0$  – Magnitude do torque

**Nm** – Newton-metro

**Ncm** – Newton-centímetro

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**R** – Magnitude do vetor posição

**RT** – Regular Torcfit™

**SI** – Sistema internacional de unidades

**TAN** – Titânio

**vs** – Versus

**( $\beta$ )** – Seno do ângulo formado entre os dois vetores



## 1. INTRODUÇÃO



A saúde oral é um elemento crucial para o bem-estar do indivíduo, pois tem influência direta em todas as funções do sistema estomatognático. Uma ausência de saúde oral e, em particular das peças dentárias, pode afetar a função (mastigação, fonética, p.ex.) e a estética dos maxilares do paciente, provocando desconforto e sofrimento ao indivíduo, pelo que, atualmente, considera-se que a saúde oral é um indicador importante no momento de avaliar a qualidade de vida das populações e a saúde em geral.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define a saúde oral como “Um estado livre de dores crônicas na boca e no rosto, de cancro oral e de garganta, de infeções e feridas orais, de doença periodontal de cárie dentária, de perda dentária e outras doenças e distúrbios que limitam a capacidade de um indivíduo morder, mastigar, sorrir, falar (...)”.

Este destaque dado pela OMS à saúde da cavidade oral é particularmente relevante se pensarmos que, segundo o Estudo Global de Doenças de 2022<sup>(1)</sup>, as doenças orais afetavam 3,58 biliões de pessoas.

A 18 de novembro de 2022, foi publicado pela OMS o relatório “*Global Oral Health Status Report*”<sup>(2)</sup>, que surge na sequência do último trabalho realizado a nível mundial nesta área (de 2003) intitulado “*World Oral Health Report*”<sup>(3)</sup>. Este documento apresenta, pela primeira vez, o panorama mundial das doenças orais, enquanto estabelece uma meta muito importante: assegurar a cobertura mundial para a população ao nível da saúde oral.

A prevenção é crucial na área da saúde oral. De acordo com o Barómetro de Saúde Oral referente a 2022 (4) mais de 30% dos portugueses nunca visitou um Médico Dentista, ou apenas o fez em caso de emergência. Ao mesmo tempo, 70% tem falta de dentes naturais, apresentando, portanto, algum tipo de edentulismo. De acordo com estes dados apenas 32,3% dos portugueses apresenta dentição completa, 39,2% apresenta perda de 1 a 5 dentes naturais, 9,3% a perda de 6 a 8 dentes naturais, 12,8% com a falta de mais de 8 e menos de 28 dentes naturais e 6,4% com a falta de todos os dentes naturais. É relatado também que 48,1% dos portugueses com falta de dentes naturais, não apresentam nenhum tipo de reabilitação oral.<sup>(4)</sup>

De uma forma simples, pode-se definir o edentulismo como a ausência, total ou parcial, de dentes naturais. Apesar da grande evolução nos cuidados preventivos na Medicina Dentária, esta continua a ser uma condição oral preocupante, com mais ênfase em idades mais avançadas.<sup>(5)</sup>

As consequências orais desta condição são várias, com afetação direta das funções do sistema estomatognático, em particular a função mastigatória, fonética e

estética do indivíduo. Para além disso, a saúde oral tem uma relação direta com a saúde sistémica. Indivíduos edêntulos têm maior suscetibilidade para diferentes doenças sistémicas.<sup>(6)</sup>

Devemos desde já alertar, para as consequências da perda de dentes na cavidade oral: má posição dentária (dando lugar a espaço ou apinhamento entre dentes o que dificulta a higiene oral); diminuição da capacidade de mastigação (a falta de dentes propicia a criação de um bolo alimentar menos triturado ou uma dieta mais mole, o que prejudica o índice de massa corporal (IMC)); alterações na fonética (alterações na pronúncia de certas letras); alterações na estética oral e facial (modificações ao nível facial e do sorriso); disfunções temporo-mandibulares; reabsorção óssea; apneia (a perda dentária compromete a qualidade do sono); surgimento de doenças psicológicas (a falta de dentes também tem consequências ao nível da autoestima, o que leva muitas vezes, ao isolamento social).<sup>(6)</sup>

Também a falta de literacia e as baixas condições socioeconómicas das populações, comprometem a saúde oral dos indivíduos em idade mais avançada.

Perante esta ausência de dentes naturais em boca, é necessário recorrer à reabilitação oral protética dessas áreas desdentadas.

### **1.1. Reabilitação oral protética**

A reabilitação oral protética pode ser efetuada com recurso a próteses fixas, removíveis ou combinadas. A decisão será tomada pelo Médico Dentista e pelo paciente, após explicação exaustiva das indicações, vantagens e desvantagens das diferentes opções.<sup>(7, 8)</sup> Em qualquer uma destas possibilidades, a retenção e suporte da estrutura protética pode ser efetuada sobre dentes e/ou implantes dentários.

A implantologia na Medicina Dentária surgiu na segunda metade do século XX e veio alterar as opções terapêuticas apresentadas até então, oferecendo aos Médicos Dentistas novas opções terapêuticas para pacientes desdentados.<sup>(9, 10)</sup> A qualidade de vida de pacientes reabilitados com próteses sobre implantes melhorou significativamente desde o seu aparecimento.<sup>(11, 12)</sup>

No caso das reabilitações fixas implantossuportadas, o elemento protético pode estar cimentado ou aparafusado ao implante, sendo apenas possível a sua remoção pelo Médico Dentista.<sup>(13, 14)</sup>

Nas situações em que o elemento protético é cimentado ao pilar do implante, as forças exercidas nas estruturas em questão são menores pois nestes casos não se recorre a utilização do parafuso de aperto. O resultado em termos estéticos é superior.

Por outro lado, a impossibilidade da sua remoção dificulta qualquer intervenção necessária na reabilitação, seja a nível de higienização, seja por qualquer complicação protética que eventualmente possa ocorrer.<sup>(13)</sup>

Como consequência, verifica-se uma probabilidade muito elevada de destruição da coroa para a sua remoção, com custos e tempo de cadeira adicionais. Apesar disso, a complicação mais frequente resulta da possibilidade de permanecer cimento no sulco peri-implantar, de difícil remoção, cuja permanência gerará graves complicações biológicas.<sup>(15-17)</sup>

Nas situações em que o elemento protético é aparafusado, a principal vantagem é a possibilidade da sua remoção pelo Médico Dentista, o que facilita a higienização da estrutura protética e a sua manutenção peri-implantar. Nestas situações estará presente o risco de desaperto do parafuso protético ou mesmo a sua fratura, e eventualmente comprometer a prótese.<sup>(13, 18)</sup>

De acordo com a literatura<sup>(19, 20)</sup>, as coroas e os pilares aparafusados diretamente a implantes devem ser apertados com um torque a rondar os 35 Ncm, enquanto as coroas aparafusadas a pilares protéticos – ou seja, a um pilar “intermédio” – devem ser aparafusadas com um torque a rondar os 15 Ncm. Apesar de estes valores serem genericamente recomendados na literatura, convém sempre ler as instruções do fabricante, dado que o torque máximo permitido pelo parafuso pode depender de vários fatores, que explicaremos nas secções seguintes.

## 1.2. O conceito mecânico de torque

O Torque é a tendência de uma força rodar o corpo em que é aplicada. Matematicamente, relativamente a um ponto 0, este é definido como o produto da magnitude da força ( $F$ ) pela magnitude do vetor posição ( $R$ ) e pelo seno do ângulo formado entre os dois vetores ( $\beta$ ),  $M_0 = F \times R \times \text{sen}\beta$  Newton-metro (Nm), segundo o Sistema Internacional de Unidades (SI). Nos casos em que o vetor posição e a linha de ação da força formarem  $90^\circ$  entre si, em vez de ser designado por magnitude do vetor posição, é designada por braço de torque sendo definido por  $M_0 = F \times R$ .<sup>(21, 22)</sup>

### 1.2.1. O torque e a sua relação com próteses implantossuportadas

Para fixar uma prótese a um implante, o Médico Dentista deve consultar as recomendações de torque do fabricante da marca em utilização. Todas as marcas de implantes e os seus componentes têm um valor de torque específico para cada situação clínica. Por exemplo, a empresa Straumann® recomenda, <15Ncm para “Temporary

*abutments*”, 15 Ncm para “*Occlusal screws and copings*” e 35 Ncm “*All final abutments*”.<sup>(23)</sup>

O aparecimento de um *microgap* entre a tampa de cicatrização e/ou o pilar protético e o implante, bem como o desaperto do parafuso protético, poderá estar associado a um baixo valor de torque exercido aquando do aperto dos componentes protéticos. Por outro lado, um elevado valor de torque também poderá ter como consequência o desaperto do parafuso protético, pois a forma das suas espiras poderá ficar comprometida.<sup>(15)</sup>

Qualquer incompatibilidade entre o implante e o pilar, possivelmente proporcionará um excesso de força para o tecido peri-implantar e um acúmulo bacteriano no espaço gerado, o que poderá causar mucosite/peri-implantite, ou de um ponto de vista mecânico, fraturas no implante, pilar e/ou no parafuso protético.<sup>(24, 25)</sup>

De acordo com a literatura<sup>(20-22)</sup> os valores de torque ideais para o aperto da tampa de cicatrização e do pilar protético serão entre 15 Ncm e 35 Ncm. É recomendado aos Médicos Dentistas que, para o aperto destes componentes, usem um torquímetro manual visto que só assim conseguem controlar o torque exercido no aperto dos parafusos e componentes protéticos. Esta ação é importante para prevenir futuras complicações mecânicas e biológicas, como referido anteriormente.

O torque exercido com recurso a chaves de aperto manual é bastante variável de indivíduo para indivíduo, e essa variação depende de alguns fatores como a idade, o género e o (IMC).<sup>(18, 25-29)</sup>

### **1.3. Componentes e acessórios protéticos**

No caso das reabilitações fixas aparafusadas, o parafuso é utilizado para fixar o pilar ao corpo do implante e desta forma conectar todos os componentes protéticos. A sua facilidade de inserção e remoção, eficiência e previsibilidade, acarretam uma enorme vantagem e facilidade para a higienização/manutenção/reparação da prótese.<sup>(7, 30, 31)</sup>

A carga exercida sobre o pilar pelo parafuso de aperto é denominada de pré-carga. Quando as forças de separação excedem a pré-carga exercida, ocorre o desaperto do parafuso.<sup>(26)</sup>

O desaperto do parafuso protético pode ser condicionado por diversos fatores, como p.ex.: a magnitude do torque, desenho da cabeça do parafuso, a composição do metal e o diâmetro do parafuso. Para além disso, fatores como a existência de hábitos

parafuncionais, posição do implante e o assentamento não passivo, podem estar intimamente ligados ao risco de desaperto e possível fratura do parafuso.<sup>(26, 29)</sup>

Relativamente às chaves de aperto manual, existe uma panóplia diversa das mesmas, desde chaves extracurtas, curtas e longas a chaves com cabo grande, médio e pequeno. Em relação ao seu comprimento, este irá ser escolhido dependendo da localização do implante em boca e da abertura máxima do paciente. Estas chaves devem permitir ao Médico Dentista uma sensibilidade tátil elevada, motivo pelo qual a grande maioria usa as chaves de aperto manual para iniciar o aperto do parafuso.

Como demonstrado por Jaarda *et al.*<sup>(32)</sup>, operadores com menos experiência exercem um valor de torque inferior ao recomendado, enquanto os operadores com mais experiência, por vezes ultrapassam o valor de torque recomendado.

Foi demonstrado também que o valor de torque manual exercido pelo Médico Dentista utilizando uma chave manual com um cabo de maior diâmetro e comprimento é bastante superior ao valor conseguido utilizando uma chave com um cabo de menor dimensão, ou seja, não é aconselhado que seja realizado o aperto final de componentes protéticos utilizando chaves de aperto manual sem recurso a um torquímetro manual para controlo desse torque.<sup>(29, 33)</sup> Um torquímetro manual (ou chave de torque, ou chave dinamométrica) funciona como uma alavanca para aplicar a força. Dependendo do comprimento da alavanca de uma chave de torque, esta pode aumentar a magnitude do torque em mais de 100 Ncm de força de aperto ao parafuso, bem além do limite elástico do material.

Assim, a chave possui uma válvula de segurança que limita o valor de torque a um limite consistente. Este conceito parece reduzir a variável do desaperto dos parafusos para menos de 16% durante o primeiro ano de utilização.<sup>(34)</sup>

A força de torque recomendada pela maioria dos fabricantes de implantes, nos parafusos do pilar varia de 20 a 35 Ncm. No entanto, tem sido reportado na literatura<sup>(32, 35)</sup> uma ampla divergência nos valores de torque ótimos aplicados ao parafuso e respetivos componentes, dependendo do material e desenho do parafuso.

É de grande importância e deve-se notar que, como o valor do torque usado durante a pré-carga é menor que o valor da deformação permanente do material do parafuso, o comprimento do parafuso reduz ligeiramente e diminui a força de aperto. Como consequência, sugere-se que o parafuso seja apertado a 75% da sua deformação permanente (ou seja, 30 Ncm) e depois desapertado e apertado novamente. Depois de 10 minutos, o parafuso é novamente apertado (não deve ser desapertado após a segunda vez). Este método de torque reduz a quantidade de tensão ao parafuso.<sup>(36)</sup>

## 1.4. Tipos de torquímetros

De acordo com as inúmeras razões descritas no tópico anterior, os torquímetros são essenciais para que os valores de torque medidos sejam os mais corretos e fidedignos possíveis. Existem dois tipos de torquímetros manuais: *Friction-Style* e *Spring-Style*.<sup>(37, 38)</sup>

Os torquímetros *Friction-Style* são chaves com uma escala incorporada no interior do braço do torquímetro e um mecanismo que usa um sistema de retenção de uma esfera.

Esta esfera é comprimida no seu lugar através de uma mola, sendo que, assim que seja atingido o valor de torque pré-determinado pelo Médico Dentista, ela sai do seu lugar e o braço do torquímetro desengata da respetiva cabeça. Torna-se bastante evidente para o Médico Dentista que atingiu o torque pré-definido.<sup>(38-40)</sup>

Os torquímetros *Spring-Style* são um mecanismo de catraca com uma escala de valores de torque pré-determinados pelo fabricante. Este torquímetro não oferece a possibilidade de predefinir o valor de torque anteriormente à ação de aperto. O Médico Dentista aplica uma força na haste e visualmente verifica o valor de torque que pretende atingir, ou seja, ao efetuar uma força na haste do torquímetro, esta sofre uma curvatura e o objetivo será que a curvatura da haste se encontre com o valor desejado, descrito na escala.

Vários valores de torque podem ser conseguidos, utilizando apenas um torquímetro.<sup>(38, 41)</sup>

### 1.4.1. Precisão e exatidão dos torquímetros

Como descrito anteriormente, é de grande importância o controlo do torque exercido sobre qualquer componente protético de maneira que a probabilidade de falha da reabilitação seja reduzida. Para isto, o Médico Dentista necessita de um torquímetro calibrado e preciso, e como descrito em estudos publicados<sup>(24, 42, 43)</sup>, poucos torquímetros (novos), atingem o valor exato de torque enunciado pelos fabricantes.

McCracken *et al.*<sup>(41)</sup> refere que os torquímetros *Friction-Style* produzem mais torque quando ativados lentamente (mais de 4 segundos), em comparação com uma ativação de 1 segundo. O valor de torque medido com a ativação lenta (mais de 4 segundos) foi o valor mais consistente e idêntico aos valores desejados.

Foi estudada e analisada a utilização do processo de esterilização em autoclave neste tipo de instrumentos e verificada a sua influência na precisão dos mesmos. Os estudos publicados não são perfeitamente conclusivos. Foram verificados resultados

semelhantes entre torquímetros sujeitos a diversos ciclos de autoclave e torquímetros novos.<sup>(43)</sup>

Em relação ao parâmetro do envelhecimento dos torquímetros, foi recentemente publicado o estudo de Jiries *et al.*<sup>(44)</sup>, onde foi relatada uma diferença entre torquímetros novos e torquímetros envelhecidos. Verificou-se que o envelhecimento dos torquímetros devido à sua utilização, diminui a sua precisão.<sup>(24)</sup>

Alguns estudos verificaram a fiabilidade dos torquímetros mecânicos. Valle *et al.*<sup>(42)</sup> concluíram que os torquímetros *Spring-Style* com um desvio de 0,82 Ncm são mais precisos do que os torquímetros *Friction-Style* com um desvio de 3,83 Ncm. Ambos os torquímetros utilizados eram novos.

Standlee *et al.*<sup>(45)</sup> estudou e avaliou três torquímetros mecânicos para determinar a exatidão do torque aplicado e todos estavam dentro de 10% dos valores alvo de torque.

McCracken *et al.*<sup>(41)</sup> relatou que ambos torquímetros foram capazes de exercer valores de torque precisos. No entanto, o desvio foi maior nos torquímetros *Friction-Style*. Em todos os estudos publicados, é recomendado ao Médico Dentista que, com frequência, os torquímetros sejam calibrados.

## 1.5. Objetivos

- Verificar a fiabilidade do torque indicado pelos torquímetros.
- Comparar a precisão e a exatidão de torquímetros digitais vs torquímetros manuais.
- Analisar a força máxima média exercida por uma amostra de docentes e alunos da FMD-UCP ao nível do aperto manual de um pilar protéticos e estudar a sua relação com a experiência e IMC do operador.
- Verificar a possibilidade de desapertar uma estrutura protética manual após o aperto com um torquímetro manual a 35 Ncm.

Para tal foram formuladas as seguintes hipóteses nulas:

- H0: não há diferenças entre o torque obtido em diferentes torquímetros com apertos de 15 Ncm e 35Ncm
- H0: a média do torque medido em diferentes torquímetros não é inferior a 15 Ncm ou a 35 Ncm.

- H0: não há diferenças do torque medido em diferentes torquímetros com o análogo seguro no gesso e seguro no torquímetro de bancada.
- H0: a média do torque exercido pelos docentes não é superior à média exercida pelos alunos.
- H0: não existe relação significativa entre o IMC e o torque medido.

---

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**



## 2.1. Caracterização do estudo

O conhecimento do torque exercido tanto manualmente como através de torquímetros pelo Médico dentista é de extrema importância para a diminuição do risco de complicações mecânicas das restaurações implantossuportadas. Nesse sentido, e com o intuito de alcançar os objetivos anteriormente propostos, foi desenvolvido um estudo laboratorial, em ambiente pré-clínico, dividido em 5 fases distintas sequenciais:

1. Ensaio mecânico aos torquímetros novos da Straumann® e Medentika®:
  - a. Comparação da exatidão dos dois torquímetros utilizando o análogo seguros em gesso Tipo III.
2. Comparação da exatidão dos dois torquímetros utilizando o análogo fixo diretamente no torquímetro de bancada.
  - a. Verificação da exatidão do torque indicado por ambos os torquímetros.
  - b. Comparação da “base” do análogo de implante.
3. Ensaio mecânico aos torquímetros digitais (iChiropro® e iSD900®):
  - a. Comparação da exatidão de torquímetros manuais vs torquímetros digitais.
4. Ensaio mecânico para registo do torque máximo manual efetuado por uma amostra de alunos e docentes do 5º ano da FMD-UCP:
  - a. Análise do torque máximo exercido manualmente.
5. Ensaio mecânico para analisar a força necessária para o desaperto de parafusos protéticos apertados com torque máximo recomendado:
  - a. Análise da força necessária para o desaperto de parafusos protéticos.

## 2.2. Caracterização da amostra

Para a elaboração desta investigação, foram criadas quatro mesas de trabalho, cada uma, constituída por um análogo de implante (RT Análogo do implante, Straumann® Basel, Suíça. Ref. 036.0102), um pilar *standard* reto (RT *Variobase*, Straumann® para coroa, Ref. 037.1201) e um parafuso de aperto (RT *Basal Screw* – TAN Straumann®, Ref. 036.3110), (Figura 1 a Figura 4).

Os análogos de implantes foram incluídos em estruturas elaboradas em laboratório de prótese dentária, em liga de alumínio, usando gesso do tipo III (*Pro-Solid Super*®), devido às suas propriedades mecânicas como:

- Resistência à compressão: esta é a medida da capacidade de o gesso suportar forças de compressão antes de deformar ou partir.
- Dureza: é a capacidade de um material resistir às ações de forças externas que tendem a alterar a sua forma ou a causar danos superficiais.

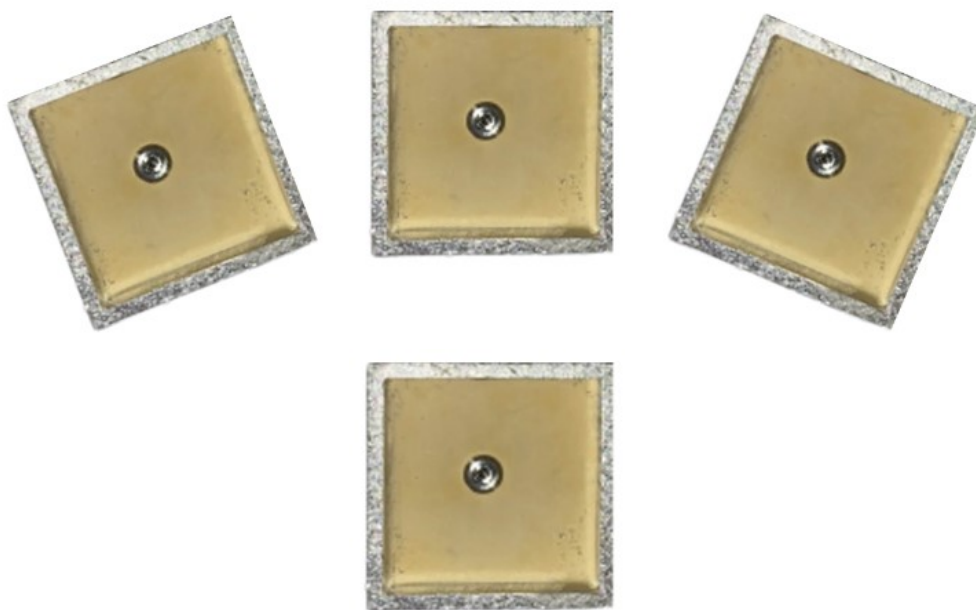
- Estabilidade dimensional: esta é a capacidade de o gesso manter as suas dimensões originais ao longo do tempo.

Foi utilizada uma mesa de trabalho para cada ensaio referido anteriormente, de forma a reduzir o risco de eventuais “micro-movimentações” do implante incluído nessa mesa.

Para os 5 ensaios referidos foi utilizado apenas um pilar *standard* reto. No entanto no total foram utilizados 24 parafusos de aperto, de forma a causar a menor fadiga mecânica possível do parafuso ao longo dos ensaios.

- 8 Parafusos novos no ensaio 1
  - 8 Parafusos novos no ensaio 1a
- 8 Parafusos novos no ensaio 2

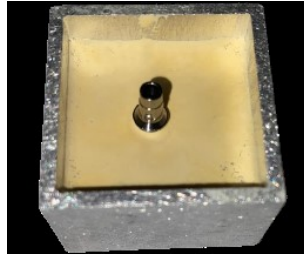
Relativamente ao ensaio 3 e ensaio 4 foram utilizados parafusos usados nos ensaios anteriores.



**Figura 1** - Mesas de trabalho com análogos incluídos em gesso tipo III.



**Figura 2** - Pilar *standard* reto e parafuso de aperto. (Fonte: eShop Straumann®(46)).



**Figura 3** - Mesa de trabalho com análogo incluído e respetivo pilar *standard* e parafuso de aperto.



**Figura 4** - RT Análogo do implante, TAN. (Fonte: eShop Straumann®(46)).

Para se realizar o aperto dos pilares com o respetivo parafuso ao análogo, foram utilizados dois torquímetros manuais, dois torquímetros digitais, uma chave de parafusos e uma chave de parafusos para contra ângulo.

- Torquímetro *Friction-style* (Medentika®) (Ref. M12) (Figura 5)
- SCS chave de parafusos curta de 21mm (Straumann® Ref. 046.401) (Figura 6)
- Torquímetro *Spring-style* (Straumann®) (Ref. 046.119 e Ref. 046.049) (Figura 7)
- SCS chave de parafusos para contra ângulo, extracurta, de 20 mm (Straumann® Ref. 046.411) (Figura 8)
- Torquímetro digital iSD900® (NSK®, Shinagawa, Tóquio, Japão. Ref. Y1001357) (Figura 9)
- Motor de implantes iChiropro® (Bien-air®, Bienne, Berne, Suíça. Ref. 1600784-001) (Figura 10)



**Figura 5** - Torquímetro do tipo *Friction-style* da marca Medentika®. (Fonte: eShop Straumann®(46)).



**Figura 6** - SCS chave de parafusos. (Fonte: eShop Straumann®(46)).



**Figura 7** - Torquímetro do tipo *Spring-style* (Straumann®). (Fonte: eShop Straumann®(46)).



**Figura 8** - SCS chave de parafusos para contra ângulo. (Fonte: eShop Straumann®(46)).



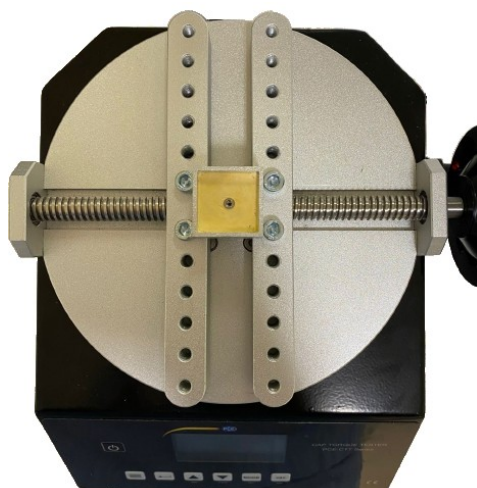
**Figura 9** - Torquímetro digital iSD900®.



**Figura 10** - Motor de implantes iChiropro®.

Para a medição correta e precisa dos valores de torque, foi utilizado um torquímetro de bancada da *PCE Instruments™*, modelo *PCE-CTT 2*, devidamente certificado (Figura 11). Este instrumento apresenta um conjunto de células de carga. Para que as medições sejam exatas, é necessário que o parafuso esteja coincidente com o centro do torquímetro de bancada e perpendicular à plataforma.

Com uma precisão de 0,3%, a leitura é realizada com unidades de Nm. Como tal, foi necessário depois converter esses valores para Ncm (Newton-centímetro), por ser a escala seguida em Medicina Dentária, e em particular na área da implantologia. (Exemplo: 0,150 Nm = 15,0 Ncm).



**Figura 11** - Torquímetro de bancada com mesa de trabalho montada.

### **2.3. Caracterização dos participantes nos ensaios**

Para participar nos ensaios referidos na secção 2.1, foram seleccionados 5 alunos e 5 docentes do MIMD da FMD-UCP, caracterizados na Tabela 1. A escolha dos alunos foi efetuada por conveniência, apenas alunos do sexo masculino que frequentem o 5º ano. Os docentes foram convidados a participar no estudo, em face do seu perfil prévio de conhecimentos/lecionação na área da implantologia.

### **2.4. Ensaio 1: ensaio mecânico aos torquímetros manuais**

No primeiro ensaio do estudo foi realizado um ensaio experimental mecânico aos torquímetros manuais da Straumann® e Medentika®. Após a primeira mesa de trabalho ter sido colocada e estabilizada no torquímetro de bancada, foram realizadas várias medições do torque com os torquímetros novos. Com o objetivo de uniformizar os resultados, para todos os ciclos de aperto correspondentes a este ensaio o operador esteve sentado numa cadeira de consultório da clínica universitária colocada em frente à bancada de trabalho do consultório com o torquímetro de bancada estável.

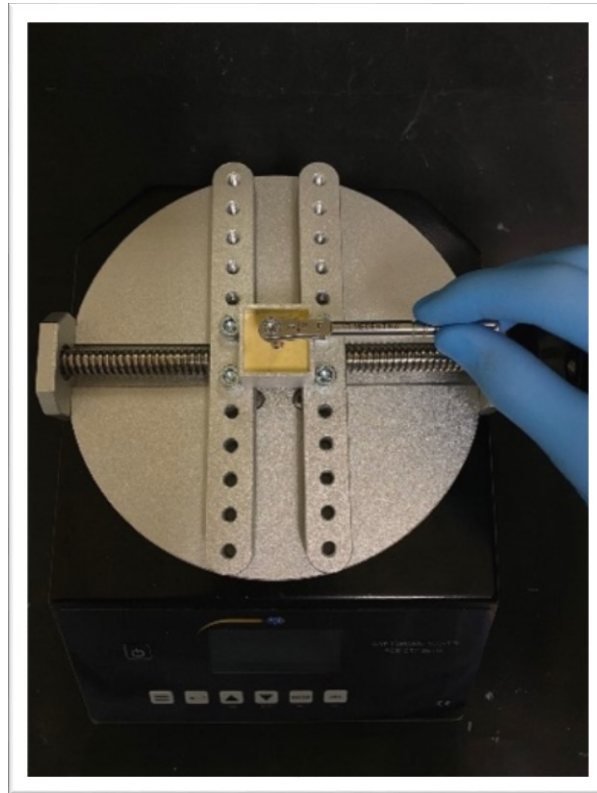
Este ensaio foi dividido em 4 etapas:

1. 10 Medições a 15 Ncm com o torquímetro da Straumann®.
2. 10 Medições a 35 Ncm com o torquímetro da Straumann®.
3. 10 Medições a 15 Ncm com o torquímetro da Medentika®.
4. 10 Medições a 35 Ncm com o torquímetro da Medentika®.

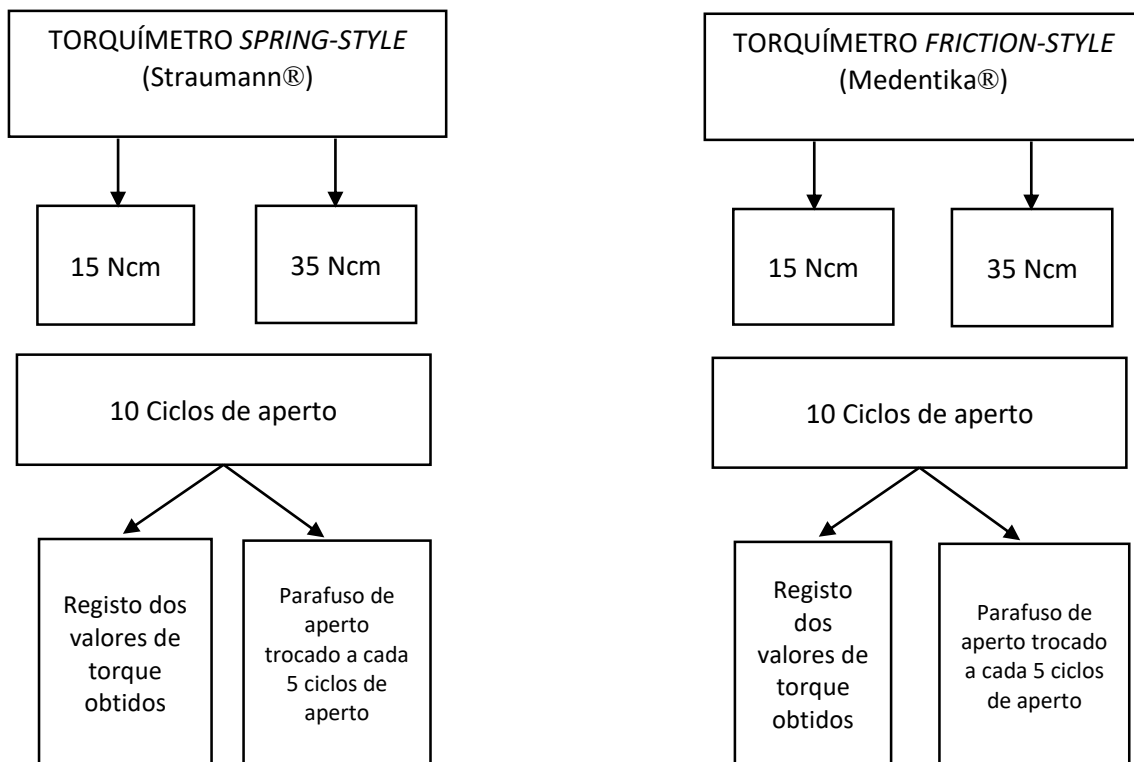
Os valores de torque seleccionados para este ensaio são os valores recomendados pela maioria dos fabricantes (15 Ncm e 35 Ncm). Foram realizadas 20 medições de torque com cada torquímetro manual.

De forma a evitar a fadiga mecânica do parafuso, o parafuso de aperto foi sempre trocado após 5 medições (total: 8 parafusos). Para evitar vieses relacionados com o operador, todos os testes efetuados no ensaio 1 foram realizados pelo mesmo operador.

O valor obtido em cada aperto detetado pelo torquímetro de bancada foi registado em documento construído para o efeito.



**Figura 12** - Exemplo de posicionamento da mão do operador a utilizar o torquímetro sobre a mesa de trabalho.



**Figura 13** - Esquema resumido do ensaio mecânico realizado aos torquímetros manuais.

Com o objetivo de se verificar se existiria alguma influência nos resultados pelo facto de o análogo do implante estar incluído em gesso tipo III, optou-se por repetir o ensaio 1 colocando o análogo do implante diretamente no torquímetro com o respetivo pilar *standard* reto e o parafuso de aperto (**Figura 14**), no que se designou de **ensaio 1a**). Foi utilizado o mesmo protocolo prático descrito no ensaio anterior e utilizados novos parafusos de aperto (total= 8 parafusos).



**Figura 14** - Análogo do implante seguro no torquímetro de bancada.

## 2.5. Ensaio 2: ensaio mecânico com torquímetros digitais

No segundo ensaio do estudo, foi utilizada uma segunda mesa de trabalho.

De forma a obtermos um meio de comparação entre a exatidão dos torquímetros manuais e torquímetros digitais foi realizado um ensaio ao motor de implantes iChiropro® (Bien-air®) e ao torquímetro digital iSD900® (NSK®), onde foi montada uma segunda mesa de trabalho e foram utilizados 8 parafusos novos.

O motor de implantes iChiropro® funciona como um torquímetro digital, pré-selecionando o torque que se pretende atingir. O torquímetro digital iSD900® funciona sob o mesmo princípio. Para todos os ciclos de aperto correspondentes a este ensaio o operador esteve sentado numa cadeira de consultório da clínica universitária, colocada em frente à bancada de trabalho do consultório com o torquímetro de bancada estável. Este ensaio foi dividido em quatro etapas:

- 10 Medições a 15 Ncm com o iChiropro®
- 10 Medições a 35 Ncm com o iChiropro®
- 10 Medições a 15 Ncm com o iSD900®
- 10 Medições a 35 Ncm com o iSD900®

Os valores de torque selecionados para este ensaio são os valores recomendados pela maioria dos fabricantes (15 Ncm e 35 Ncm). Foram realizadas 20 medições de torque com cada torquímetro digital.

De forma a evitar a fadiga mecânica do parafuso, o parafuso de aperto foi sempre trocado após 5 medições (total: 8 parafusos). Para evitar vieses relacionados com o operador, todos os testes efetuados no ensaio 2 foram realizados pelo mesmo operador.

O valor obtido em cada aperto detetado pelo torquímetro de bancada foi registado em documento construído para o efeito.



Figura 15 - iChiropro® calibrado a 15 Ncm e a 35 Ncm.

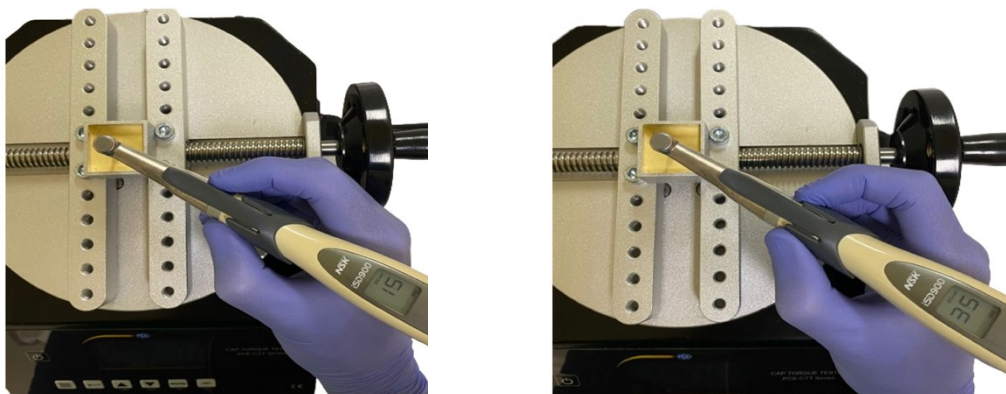


Figura 16 - iSD900® calibrado a 15 Ncm e a 35 Ncm.

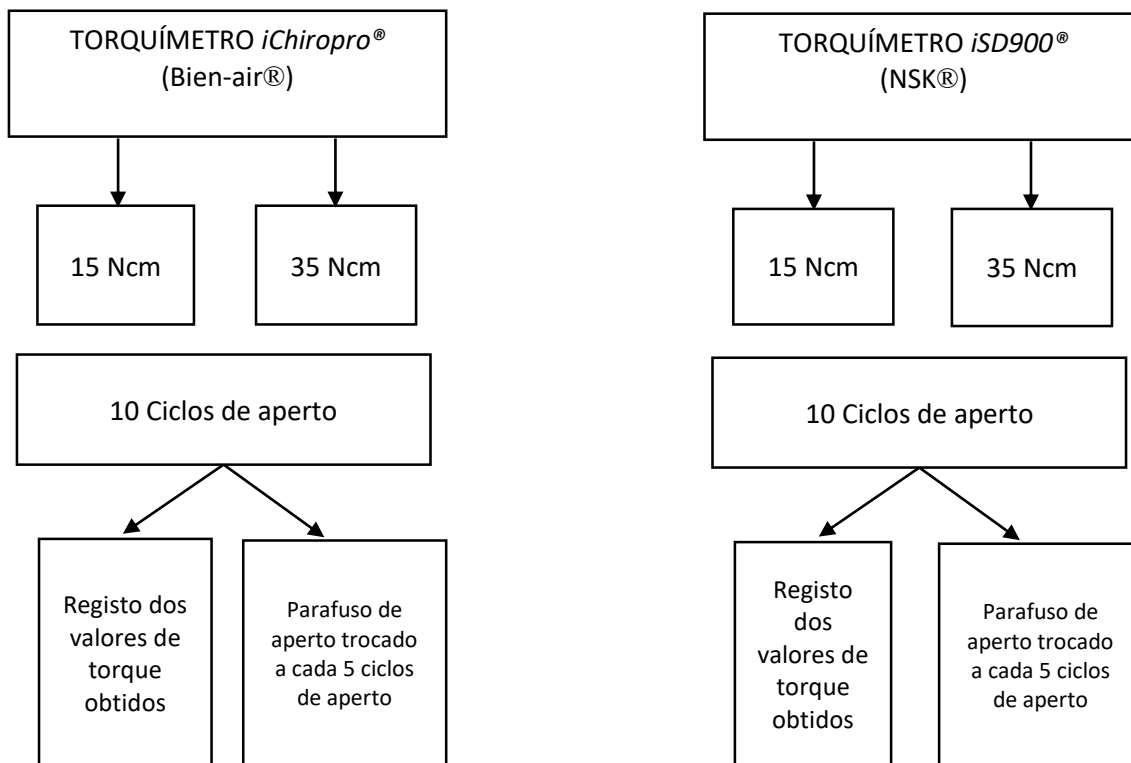


Figura 17 - Esquema resumido do ensaio mecânico aos torquímetros digitais.

## 2.6. Ensaio 3: análise do torque máximo exercido manualmente

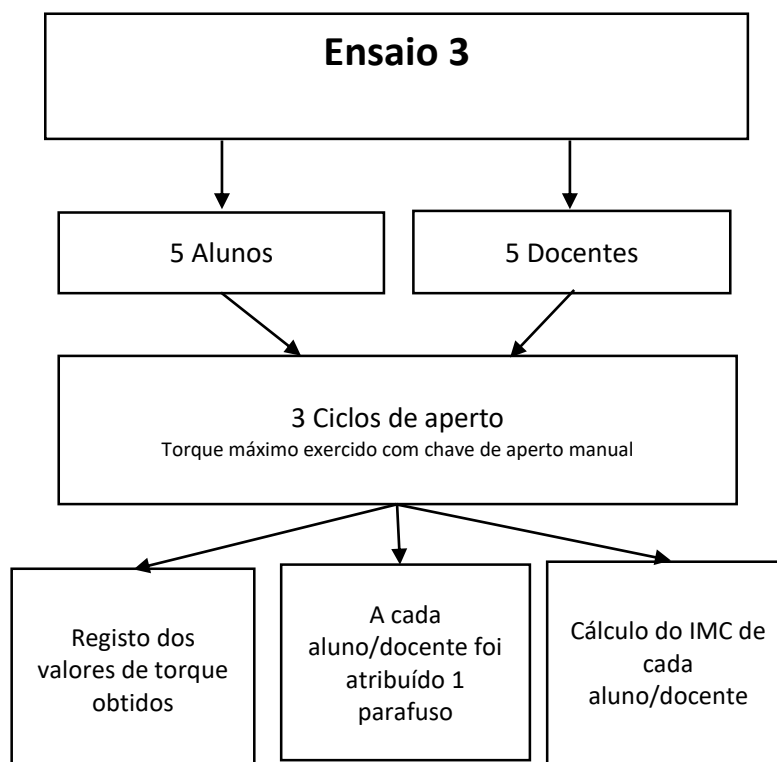
No terceiro ensaio do estudo, foi utilizada uma terceira mesa de trabalho. Nesta fase foi medido e registado o torque máximo efetuado por cada aluno e por cada docente do 5º ano da FMD-UCP. De modo a simular uma situação semelhante ao aperto de estruturas na cavidade oral foi solicitado a todos os operadores o seguinte:

- Sentar numa cadeira de consultório da clínica universitária colocada em frente à bancada de trabalho do consultório.
- Utilizar a mão dominante para realizar o ensaio.
- Luvas humedecidas.
- Preensão da chave de aperto manual efetuada com os dedos: indicador/médio e polegar.

A cada aluno/docente foi atribuído um parafuso, estes parafusos já teriam sido utilizados nos ensaios anteriores (5 alunos + 5 docentes = 10 parafusos).

Foram efetuadas 3 medições, exercendo a máxima força possível, com 1 minuto de descanso entre cada uma e posteriormente registada a média das 3 medições.

Registou-se também o género, peso, altura e mão dominante de cada aluno/docente.



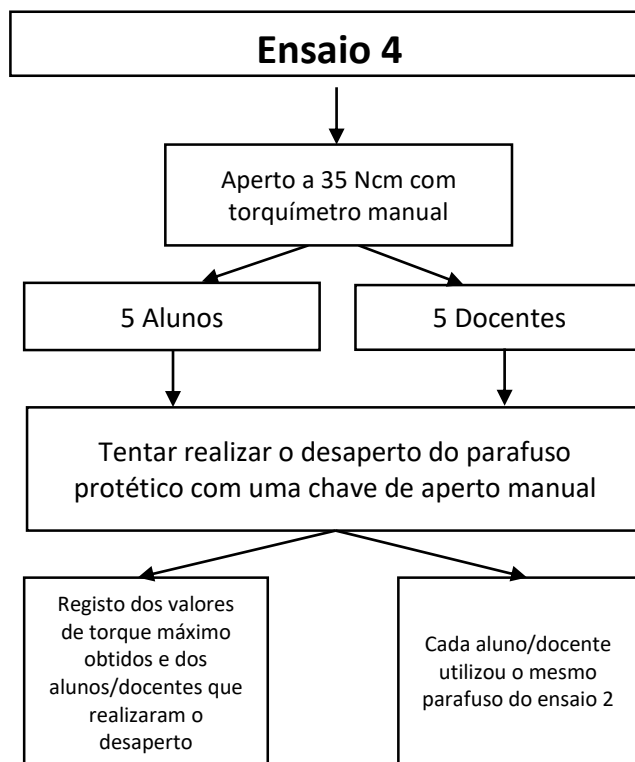
**Figura 18** - Esquema resumido da análise do torque máximo exercido manualmente.

## 2.7. Ensaio 4: análise da força necessária para o desaperto de parafusos protéticos

Como último ensaio deste estudo, foi utilizada uma quarta mesa de trabalho. Realizou-se o aperto do parafuso do pilar com um torquímetro manual da Straumann® a 35Ncm e verificou-se se cada aluno/docente do 5º ano da FMD-UCP, com os fatores descritos anteriormente: mão predominante, luvas humedecidas e a preensão da chave com os dedos indicador/médio e polegar, conseguiu desapertar esse mesmo parafuso com uma chave de aperto manual. No caso dos que não conseguiram, registou-se o torque máximo atingido.

Os parafusos foram os mesmos utilizados por cada aluno/docente, no ensaio 3.

O aperto sucessivo dos parafusos dos pilares, realizou-se sempre pelo mesmo operador e sempre com o mesmo torquímetro manual, para evitar viés na investigação.



**Figura 19** - Esquema resumido da análise da força necessária para o desaperto de parafusos protéticos.

## 2.8. Análise estatística

Para a organização de todos os dados recolhidos neste estudo foi utilizado o Microsoft Excel® (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) e para cada ensaio foi determinado o valor médio, desvio padrão, valor mínimo e o valor máximo.

Todas as comparações foram feitas entre 2 grupos. Quando a amostra seguia a distribuição normal foi utilizado o teste t-Student. Quando a distribuição não era normal, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Para comparar os valores obtidos com valores de referência, foi usado o teste T para uma amostra (no caso de uma distribuição de valores normal) ou o teste não paramétrico Wilcoxon (no caso de uma distribuição de valores não normal).

Em todos os testes, o nível de significância utilizado foi de 5%, ou seja, considera-se que existem diferenças significativas entre os grupos quando o valor de  $p$  é inferior ao nível de significância ( $p < 0,05$ ).

### 2.8.1. Ensaio 1

Foi efetuada uma comparação entre a exatidão dos torquímetros manuais, com o análogo incluído em gesso tipo III.

Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “não há diferenças entre o torque obtido com apertos de 15 Ncm”

**Teste estatístico:** teste U de Mann-Whitney - avalia se há diferenças significativas entre as medianas das duas amostras

**Hipótese nula:** “não há diferenças entre o torque obtido com apertos de 35 Ncm.”

**Teste estatístico:** teste de amostras independentes (teste t-student) - compara as médias de duas amostras independentes para determinar se há diferença estatisticamente significativa entre elas

#### Ensaio 1a

Foi efetuada uma comparação entre a exatidão dos torquímetros com o análogo diretamente retido no torquímetro, sem estar incluído em gesso tipo III.

Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 15 Ncm ou de 35 Ncm.”

**Teste estatístico:** teste de amostras independentes (teste t-student)

Foi também efetuada uma comparação entre a exatidão do torque indicado por ambos os torquímetros manuais, com apertos de 15 Ncm e de 35 Ncm. Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “a média do torque medido não é inferior a 15 Ncm ou a 35 Ncm.”

**Teste estatístico:** teste T para uma amostra - compara a média das amostras com o valor de referência

Foi efetuada uma comparação entre a “base” do análogo de implante, ou seja, uma comparação entre o análogo seguro em gesso tipo III e diretamente no torquímetro.

**Hipótese nula:** “não há diferenças de torque com o análogo seguro no gesso e seguro no torquímetro de bancada.”

**Teste estatístico:** teste U de Mann-Whitney - avalia se há diferenças significativas entre as medianas das duas amostras

### 2.8.2. Ensaio 2

Foi efetuada uma comparação da exatidão de torquímetros manuais vs torquímetros digitais com análogo incluído em gesso.

Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 15 Ncm e de 35 Ncm.”

**Teste estatístico:** teste de amostras independentes (teste t-student)

### 2.8.3. Ensaio 3

Foi efetuada ainda uma análise do torque manual máximo exercido por cada participante. Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “a média do torque exercido pelos docentes não é superior à média exercida pelos alunos”.

**Teste estatístico:** teste de amostras independentes (teste t-student)

Procurou-se também verificar se haveria alguma relação entre o IMC e o torque aplicado. Colocou-se uma hipótese nula e foi definido o teste estatístico a realizar:

**Hipótese nula:** “não existe relação significativa entre o IMC e o torque aplicado.”

**Teste estatístico:** teste ANOVA - compara as médias de três ou mais grupos independentes.

### 2.8.4. Ensaio 4

No ensaio 4 foi efetuada apenas uma análise estatística descritiva, com registo de medidas de tendência central e de dispersão.

---

### **3. RESULTADOS**



---

De modo a otimizar a compreensão dos resultados obtidos por meio da realização deste estudo, procedeu-se à sua estruturação e organização da seguinte forma:

- Informações dos participantes neste estudo.
- Ensaio 1:
  - Análise dos valores de torque: média, desvio padrão, valor máximo e mínimo dos 10 valores de torque obtidos para cada valor de torque alvo (15 Ncm e 35 Ncm) de cada torquímetro (Straumann® e Medentika®), com análogo seguro em gesso tipo III.
  - Comparação entre os dois tipos de torquímetros com análogo seguro em gesso tipo III.
  - Ensaio 1a: análise dos valores de torque: média, desvio padrão, valor máximo e mínimo dos 10 valores de torque obtidos para cada valor de torque alvo (15 Ncm e 35 Ncm) de cada torquímetro (Straumann® e Medentika®), com análogo seguro diretamente no torquímetro de bancada ; comparação entre os dois tipos de torquímetros com análogo seguro diretamente no torquímetro de bancada.
  - Exatidão do torque indicado por ambos os torquímetros, relativamente aos valores referência (15 Ncm e 35 Ncm).
  - Comparação dos valores de torque obtidos com as diferentes “bases” do análogo do implante.
- Ensaio 2: Análise dos valores de torque: média, desvio padrão, valor máximo e mínimo dos 10 valores de torque obtidos para cada valor de torque alvo (15 Ncm e 35 Ncm) de cada torquímetro digital (iChiropro® e iSD900®), com análogo seguro em gesso tipo III.
- Comparação da exatidão de torquímetros manuais e torquímetros digitais.
- Ensaio 3: Análise dos valores de torque: média, desvio padrão, valor máximo e mínimo dos valores de torque manual obtidos por cada participante, com análogo seguro em gesso tipo III.
  - Comparação do torque entre a experiência e o IMC do operador.
- Ensaio 4: Análise dos valores de torque: média, desvio padrão, valor máximo e mínimo dos valores de torque de desaperto manual obtidos por cada participante, com análogo seguro em gesso tipo III.

### 3.1. Caracterização dos participantes

Na Tabela 1 estão representadas as informações relativas a cada participante deste estudo.

**Tabela 1** - Informações de cada participante neste estudo.

	<b>Género</b>	<b>Peso</b>	<b>Altura</b>	<b>Mão dominante</b>	<b>IMC</b>
<b>Aluno 1</b>	M	99 Kg	1,74 m	Direita	32,7 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Aluno 2</b>	M	63 Kg	1,77 m	Direita	20,1 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Aluno 3</b>	M	78 Kg	1,84 m	Direita	23 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Aluno 4</b>	M	80 Kg	1,79 m	Direita	25 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Aluno 5</b>	M	73 Kg	1,81 m	Direita	22,3 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Docente 1</b>	M	85 Kg	1,75 m	Direita	27,8 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Docente 2</b>	M	94 Kg	1,85 m	Direita	27,5 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Docente 3</b>	M	80 Kg	1,90 m	Direita	22,2 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Docente 4</b>	M	77 Kg	1,75 m	Direita	25,1 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Docente 5</b>	M	86 Kg	1,80 m	Direita	26,5 Kg/m <sup>2</sup>

### 3.2. Resultados do ensaio 1

Os resultados do ensaio 1 estão resumidos na Tabela 2 e Tabela 3. Os valores médios de torque obtidos com o torquímetro do tipo *Friction-Style* são sempre inferiores aos valores médios de torque obtidos com o torquímetro *Spring-Style*.

Relativamente ao torquímetro *Spring-Style* a diferença do valor máximo de torque para o valor pré-selecionado de 15 Ncm foi de 2 Ncm enquanto para o valor pré-selecionado de 35 Ncm, foi de 10 Ncm. No que concerne ao torquímetro *Friction-Style* a diferença dos valores mínimos de torque para o valor pré-selecionado de 15 Ncm foi de 3,1 Ncm enquanto para o valor pré-selecionado de 35 Ncm, foi de 11 Ncm.

Na Tabela 3 verificou-se que a média dos valores registados pelo torquímetro de bancada é inferior em 25,3-31,7% aos valores indicados pelo torquímetro da Straumann® e em 32,0-34,3% no torquímetro da Medentika®.

**Tabela 2** - Valores de torque dos torquímetros *Spring-style* e *Friction-style* após 10 ciclos de aperto, para os valores de referência de 15 Ncm e 35 Ncm.

Teste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
<b>Torquímetro <i>Spring-Style</i> (Straumann®)</b>											
<b>Valor referência</b>											
<b>15,0 Ncm</b>	11,4	10,5	12,5	13,0	11,0	10,5	10,0	10,9	11,0	10,8	11,2 Ncm
<b>35,0 Ncm</b>	23,4	24,0	23,5	24,0	23,4	23,1	23,6	24,9	25,0	24,2	23,9 Ncm
<b>Torquímetro <i>Friction-Style</i> (Medentika®)</b>											
<b>Valor referência</b>											
<b>15,0 Ncm</b>	11,9	9,1	9,2	9,5	10,0	9,5	10,9	11,0	11,2	9,4	10,2 Ncm
<b>35,0 Ncm</b>	23,9	23,8	23,1	22,0	24,0	22,6	22,5	22,4	23,1	23,3	23,0 Ncm

**Tabela 3** - Análise descritiva dos valores de torque obtido com o análogo incluído na mesa de trabalho.

	Valor referência	Média	Desvio padrão	Valor máximo	Valor mínimo
<b>Torquímetro <i>Spring-Style</i> (Straumann®)</b>	15,0 Ncm	11,2 Ncm	0,88 Ncm	13,0 Ncm	10,0 Ncm
<b>Torquímetro <i>Spring-Style</i> (Straumann®)</b>	35,0 Ncm	23,9 Ncm	0,61 Ncm	25,0 Ncm	23,1 Ncm
<b>Torquímetro <i>Friction-Style</i> (Medentika®)</b>	15,0 Ncm	10,2 Ncm	0,94 Ncm	11,9 Ncm	9,1 Ncm
<b>Torquímetro <i>Friction-Style</i> (Medentika®)</b>	35,0 Ncm	23,0 Ncm	0,65 Ncm	24,0 Ncm	22,0 Ncm

Nenhum dos torquímetros atingiu o valor pré-selecionado, sendo que o torquímetro *Spring-Style* foi o que apresentou uma média mais próxima dos valores pré-selecionados e um valor de torque máximo e torque mínimo, mais próximo do valor de torque pré-selecionado.

### 3.2.1. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 15 Ncm

Na comparação dos dois tipos de torquímetros manuais, com apertos de 15 Ncm, na mesa de trabalho, foi utilizado um teste de amostras independentes. Verificou-se que existe diferença entre os dois tipos de torquímetros ( $p=0,043$ ;  $<0,05$ ).

Estatisticamente, o torquímetro da Straumann® (*Spring-Style*) exerce, em média, um torque significativamente maior do que o torquímetro da marca Medentika® (*Friction-Style*).

**Tabela 4** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste U de Mann-Whitney.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre o torque obtido com apertos de 15 Ncm	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	<b>0,043</b>	<b>Rejeitar H0</b>

### 3.2.2. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 35 Ncm

Na comparação dos dois tipos de torquímetros manuais, com apertos de 35 Ncm, na mesa de trabalho, foi utilizado um teste de amostras independentes. Verificou-se que existe diferença entre os dois tipos de torquímetros ( $p=0,011$ ;  $<0,05$ ).

Estatisticamente, o torquímetro da Straumann® (*Spring-Style*) exerce, em média, um torque significativamente maior do que o torquímetro da marca Medentika® (*Friction-Style*).

**Tabela 5** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre o torque obtido com apertos de 35 Ncm	Teste de amostras independentes	<b>0,011</b>	<b>Rejeitar H0</b>

### 3.2.3. Resultados do ensaio 1a – análogo seguro no torquímetro de bancada

Os resultados obtidos no ensaio 1a estão resumidos na Tabela 6 e na Tabela 7.

Os valores médios de torque obtidos com o torquímetro do tipo *Friction-Style* são sempre inferiores aos valores médios de torque obtidos com o torquímetro *Spring-Style*.

Relativamente ao torquímetro *Spring-Style* a diferença do valor médio de torque para o valor pré-selecionado de 15 Ncm foi de 3,8 Ncm enquanto para o valor pré-selecionado de 35 Ncm, foi de 11,1 Ncm.

Sendo que, respetivamente ao torquímetro *Friction-Style* a diferença dos valores médios de torque para o valor pré-selecionado de 15 Ncm foi de 4,8 Ncm enquanto para o valor pré-selecionado de 35 Ncm, foi de 12 Ncm.

Na Tabela 7 verificou-se que a média dos valores registados pelo torquímetro de bancada é inferior em 26,7-33,1% aos valores indicados pelo torquímetro *Spring-Style* da Straumann® e em 28-34,9% no torquímetro *Friction-Style* da Medentika®.

**Tabela 6** - Valores de torque, em Ncm, dos torquímetros *Friction-style* e *Spring-style* após 10 ciclos de aperto, para os valores de 15 Ncm e 35 Ncm.

Teste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
<b>Straumann® (<i>Spring-Style</i>)</b>											
15,0 Ncm	10,9	11,8	11,0	10,5	10,7	11,2	10,7	11,5	11,1	11,0	11,0 Ncm
35,0 Ncm	23,4	23,1	23,9	24,1	22,9	22,7	23,0	24,0	22,8	24,2	23,4 Ncm
<b>Medentika® (<i>Friction-Style</i>)</b>											
15,0 Ncm	11,9	11,0	10,7	12,0	10,0	10,0	10,2	10,0	11,2	10,0	10,8 Ncm
35,0 Ncm	23,0	22,0	22,3	23,1	23,5	22,4	23,1	22,6	22,4	24,0	22,8 Ncm

**Tabela 7** - Valor médio, desvio padrão, valores máximos e mínimos relativos aos valores de torque obtido com o análogo seguro no torquímetro de bancada.

	Valor referência	Média	Desvio padrão	Valor máximo	Valor mínimo
<b>Torquímetro Spring-Style (Straumann®)</b>	15,0 Ncm	11 Ncm	0,37 Ncm	11,8 Ncm	10,5 Ncm
<b>Torquímetro Spring-Style (Straumann®)</b>	35,0 Ncm	23,4 Ncm	0,56 Ncm	24,2 Ncm	22,7 Ncm
<b>Torquímetro Friction-Style (Medentika®)</b>	15,0 Ncm	10,8 Ncm	0,68 Ncm	11,9 Ncm	10,0 Ncm
<b>Torquímetro Friction-Style (Medentika®)</b>	35,0 Ncm	22,8 Ncm	0,58 Ncm	24,0 Ncm	22,0 Ncm

Nenhum dos torquímetros atingiu o valor pré-selecionado, sendo que o torquímetro *Spring-Style* foi o que apresentou uma média mais próxima dos valores pré-selecionados e um valor de torque máximo e torque mínimo, mais próximo do valor de torque pré-selecionado.

### 3.2.4. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 15 Ncm

Com o seguinte teste, pretendemos obter uma resposta estatística para a comparação dos dois tipos de torquímetros manuais a 15 Ncm e o análogo de implante seguro diretamente no torquímetro de bancada. Foi realizado um teste de amostras independentes (Tabela 8). Verificou-se que não existem diferenças estatísticas entre os dois tipos de torquímetros ( $p=0,367>0,05$ ).

**Tabela 8** – Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 15 Ncm	Teste para amostras independentes	<b>0,367</b>	Aceitar H0

### 3.2.5. Comparação entre os dois tipos de torquímetros com 35 Ncm

Com o seguinte teste, pretendemos obter uma resposta estatística para a comparação dos dois tipos de torquímetros manuais a 35 Ncm e o análogo de implante seguro diretamente no torquímetro de bancada. Foi realizado um teste de amostras independentes (Tabela 9).

Verificou-se que para 35 Ncm existem diferenças entre os dois tipos de torquímetros. O torquímetro da marca Straumann® (*Spring-Style*), estatisticamente, exerce, em média, um torque significativamente maior do que o torquímetro da marca Medentika® (*Friction-Style*) ( $p=0,048<0,05$ ).

**Tabela 9** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 35 Ncm	Teste de amostras independentes	<b>0,367</b>	Rejeitar H0

### 3.2.6. Exatidão do torque indicado por ambos os torquímetros

Com o seguinte teste, pretendemos obter uma resposta estatística para a exatidão de ambos os torquímetros a **15 Ncm** e a **35 Ncm** (valor referência). Para isso foi realizado um teste T para uma amostra (Tabela 10). Estatisticamente, a média do torque medido é significativamente inferior a 15 Ncm e a 35 Ncm (*valor de  $p < 0,001$* ).

**Tabela 10** – Resultados obtidos pela aplicação do Teste T para uma amostra.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
média do torque medido não é inferior a 15 Ncm	Teste T para uma amostra	<b>&lt;0,001</b>	<b>Rejeitar H0</b>
média do torque medido não é inferior a 35 Ncm	Teste T para uma amostra	<b>&lt;0,001</b>	<b>Rejeitar H0</b>

### 3.2.7. Comparação entre a “base” do análogo de implante

Com o objetivo de se comparar os resultados obtidos relativamente ao diferente posicionamento do análogo de implante (análogo de implante montado em gesso Tipo III e análogo de implante seguro diretamente no torquímetro de bancada), tendo em consideração os dois torquímetros manuais e os dois valores referência de torque, foi realizado um teste U de Mann-Whitney (Tabela 11). Não se verificaram diferenças estatísticas significativas entre o análogo seguro em gesso e o análogo seguro diretamente no torquímetro de bancada (*valor de  $p = 0,847$ ;  $> 0,05$* ).

**Tabela 11** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste U de Mann-Whitney.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças de torque com o análogo seguro no gesso e seguro no torquímetro de bancada	Teste U de Mann-Whitney	<b>0,847</b>	<b>Aceitar H0.</b>

### 3.3. Resultados do ensaio 2

Os resultados obtidos no ensaio 2 estão resumidos na Tabela 12 Tabela 13.

Os valores médios de torque obtidos com o torquímetro iChiropro® são sempre superiores aos valores médios de torque obtidos com o torquímetro iSD900®.

Relativamente ao torquímetro iChiropro®, o valor médio de torque foi 0,2 Ncm superior ao valor de referência pré-selecionado de 15 Ncm enquanto para o valor pré-selecionado de 35 Ncm, foi de 2,2 Ncm inferior. Relativo ao iSD900®, o valor médio de torque obtido foi inferior em 0,3 Ncm (para valor de referência de 15 Ncm) e em 6,2 Ncm (para valor de referência de 35 Ncm).

Na Tabela 12 verificou-se que a média dos valores registados pelo torquímetro de bancada para 15 Ncm é superior em 1,3%, e para 35 Ncm é inferior em 6,3% aos valores indicados pelo torquímetro iChiropro®, e inferiores em 2%-17,7% aos valores indicados pelo torquímetro iSD900®.

**Tabela 12** - Valores de torque, em Ncm, dos torquímetros digitais após 10 ciclos de aperto, para os valores de 15 Ncm e 35 Ncm.

Teste	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Média
iChiropro®											
15,0 Ncm	14,9	15,3	15,6	14,4	14,2	15,0	15,9	16,1	15,3	14,8	15,2 Ncm
35,0 Ncm	31,3	31,1	31,1	34,8	33,7	31,4	32,1	33,1	34,2	34,5	32,8 Ncm
iSD900®											
15,0 Ncm	15,2	14,7	15,3	15,3	14,6	15,0	13,4	14,0	14,8	14,2	14,7 Ncm
35,0 Ncm	29,8	29,5	28,5	28,3	28,9	27,6	29,9	28,9	28,2	28,0	28,8 Ncm

**Tabela 13** - Valor médio, desvio padrão, valores máximos e mínimos relativos aos valores de torque obtidos com os torquímetros digitais.

	Valor referência	Média	Desvio padrão	Valor máximo	Valor mínimo
<b>Torquímetro iChiropro®</b>	15,0 Ncm	15,2 Ncm	0,58 Ncm	16,1 Ncm	14,2 Ncm
<b>Torquímetro iChiropro®</b>	35,0 Ncm	32,8 Ncm	1,42 Ncm	34,8 Ncm	31,1 Ncm
<b>Torquímetro iSD900®</b>	15,0 Ncm	14,7 Ncm	0,59 Ncm	15,3 Ncm	14,0 Ncm
<b>Torquímetro iSD900®</b>	35,0 Ncm	28,8 Ncm	0,74 Ncm	29,9 Ncm	27,6 Ncm

### 3.3.1. Digital vs Manual (15 Ncm)

Com o seguinte teste pretendemos obter uma resposta estatística para a comparação da exatidão dos torquímetros manuais vs torquímetros digitais a 15 Ncm e o análogo de implante seguro em gesso tipo III, para isso foi realizado um teste de amostras independentes.

Verificou-se que existem diferenças entre os dois tipos de torquímetros (*valor de  $p < 0,001$* ).

Estatisticamente, os torquímetros digitais exercem um torque significativamente superior com apertos de 15 Ncm.

**Tabela 14** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes para 15 Ncm.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 15 Ncm.	Teste de amostras independentes	<0,001	Rejeitar H0

### 3.3.2. Digital vs Manual (35 Ncm)

Com o seguinte teste pretendemos obter uma resposta estatística para a comparação da exatidão dos torquímetros manuais vs torquímetros digitais a 35 Ncm e o análogo de implante seguro em gesso tipo III, para isso foi realizado um teste de amostras independentes.

Verificou-se que existem diferenças estatisticamente justificadas, entre os dois tipos de torquímetros (*valor de  $p < 0,001$* ).

Os torquímetros digitais exercem um torque significativamente superior com apertos de 35 Ncm.

**Tabela 15** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste de amostras independentes para 35 Ncm.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não há diferenças entre os tipos de torquímetros com apertos de 35 Ncm.	Teste de amostras independentes	<0,001	Rejeitar H0



### 3.4. Resultados do ensaio 3

Após o ensaio mecânico e a respectiva recolha dos dados de cada aluno/docente, foram analisadas as médias, os desvios padrão, os valores mínimos e os valores máximos, como representado na Tabela 16.

Podemos observar que a média dos valores de torque realizado pelos Docentes (32,9 Ncm) é mais elevada em comparação com a média dos valores de torque realizado pelos Alunos (30,9 Ncm).

É de reparar também que, de acordo com a Tabela 16, o valor máximo de torque foi atingido pelo Docente 4, e o valor mínimo de torque foi atingido pelo Aluno 5.

À medida que os alunos/docentes foram efetuando os 3 ensaios de aperto manual, é de notar que existe uma ligeira diminuição do valor máximo de torque por eles efetuado.

**Tabela 16** - Análise descritiva dos valores de torque obtido.

	Docente 1	Docente 2	Docente 3	Docente 4	Docente 5	Aluno 1	Aluno 2	Aluno 3	Aluno 4	Aluno 5
Medições	34,2 Ncm	35,0 Ncm	33,5 Ncm	35,2 Ncm	34,1 Ncm	29,8 Ncm	34,4 Ncm	33,1 Ncm	32,9 Ncm	30,7 Ncm
	32,7 Ncm	34,2 Ncm	33,3 Ncm	33,9 Ncm	33,4 Ncm	28,7 Ncm	31,6 Ncm	32,6 Ncm	30,8 Ncm	29,3 Ncm
	31,2 Ncm	30,7 Ncm	29,5 Ncm	31,7 Ncm	29,4 Ncm	28,8 Ncm	31,8 Ncm	31,5 Ncm	31,7 Ncm	26,4 Ncm
Média	32,7 Ncm	33,3 Ncm	32,1 Ncm	33,6 Ncm	32,3 Ncm	29,1 Ncm	32,6 Ncm	32,4 Ncm	31,8 Ncm	28,8 Ncm
Desvio padrão	1,22 Ncm	1,87 Ncm	1,84 Ncm	1,44 Ncm	2,07 Ncm	0,50 Ncm	1,28 Ncm	0,67 Ncm	0,86 Ncm	1,80 Ncm
Valor máximo	34,2 Ncm	35,0 Ncm	33,5 Ncm	35,2 Ncm	34,1 Ncm	29,8 Ncm	34,4 Ncm	33,1 Ncm	32,9 Ncm	30,7 Ncm
Valor mínimo	31,2 Ncm	30,7 Ncm	29,5 Ncm	31,7 Ncm	29,4 Ncm	28,7 Ncm	31,6 Ncm	31,5 Ncm	30,8 Ncm	26,4 Ncm

### 3.4.1. Comparação entre o torque e IMC de docentes e alunos

Com o seguinte teste pretendemos estabelecer, estatisticamente, uma relação entre o torque e a experiência do operador. Estatisticamente, em média, a força exercida pelos docentes é significativamente superior à força exercida pelos alunos ( $p=0,034$ ;  $<0,05$ ).

**Tabela 17** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste para amostras independentes.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
a média do torque exercido pelos docentes não é superior à média exercida pelos alunos	Teste de amostras independentes	<b>0,034</b>	<b>Rejeitar H0.</b>

Com o seguinte teste pretendemos estabelecer, estatisticamente, uma relação entre o torque e o IMC do operador. A regressão linear entre IMC e força não é significativa, pelo que o IMC, em média, não explica a força aplicada ( $p=0,588$ ;  $>0,05$ ).

**Tabela 18** - Resultados obtidos pela aplicação do Teste ANOVA.

Hipótese nula	Teste	p	Decisão
não existe relação significativa entre o IMC e o torque aplicado	ANOVA	<b>0,588</b>	<b>Aceitar H0.</b>

### 3.5. Resultados do ensaio 4

Os resultados do ensaio 4 encontram-se descritos na Tabela 19. Podemos observar que a média dos valores de torque de desaperto realizado pelos Docentes (75,7 Ncm) é mais elevada em comparação com a média dos valores de torque de desaperto realizado pelos Alunos (43,9 Ncm).

É de reparar também que o valor máximo de torque foi atingido pelo **Docente 2** (89,1 Ncm), e o valor menor de torque foi atingido pelo **Aluno 3** (32,3 Ncm), de acordo com os valores apresentados, obtemos uma diferença de 56,8 Ncm entre o valor máximo e o valor mínimo de torque obtido.

De notar que apenas **dois** docentes conseguiram realizar o desaperto do parafuso protético, com torques iguais/superiores a 86,6 Ncm, sendo que o terceiro valor de torque mais elevado, realizado pelo Docente 1 (70,2 Ncm) não foi suficiente para realizar o desaperto do parafuso protético.

**Tabela 19** - Análise do desapertou / não desapertou, valor obtido por cada participante, médias, valores máximos e mínimos e desvios padrão.

	Desapertou	Não desapertou	Valor máximo obtido
<b>Docente 1</b>		X	70,2 Ncm
<b>Docente 2</b>	X		89,1 Ncm
<b>Docente 3</b>		X	63,5 Ncm
<b>Docente 4</b>		X	69,3 Ncm
<b>Docente 5</b>	X		86,6 Ncm
		<b>Média:</b>	<b>75,7 Ncm</b>
		Valor Máximo:	89,1 Ncm
		Valor Mínimo:	63,5 Ncm
		Desvio Padrão	10,1 Ncm
<b>Aluno 1</b>		X	45,5 Ncm
<b>Aluno 2</b>		X	54,5 Ncm
<b>Aluno 3</b>		X	32,3 Ncm
<b>Aluno 4</b>		X	53,4 Ncm
<b>Aluno 5</b>		X	34,2 Ncm
		<b>Média:</b>	<b>43,9 Ncm</b>
		Valor Máximo;	54,5 Ncm
		Valor Mínimo:	32,3 Ncm
		Desvio Padrão	9,3 Ncm



## **4. DISCUSSÃO**



A reabilitação com recurso a implantes apresenta um elevado grau de evidência científica e apesar das complicações associadas, é considerada uma opção terapêutica fiável.<sup>(47-51)</sup>

Com as soluções protéticas aparafusadas é permitido que haja uma remoção da estrutura protética com uma maior facilidade, sendo desta forma permitido o tratamento de eventuais complicações, higienização e manutenção peri-implantar. Por outro lado, nestas situações estará presente o risco de desaperto do parafuso protético ou mesmo a sua fratura, e eventualmente o comprometimento da prótese. O desenvolvimento de sistemas de controlo de torque veio auxiliar em diversas situações clínicas.<sup>(13)</sup>

A pré-carga deve ser adequada para desta forma providenciar resistência e durabilidade em oposição às forças exercidas pelo meio oral, sendo que a aplicação do torque correto recomendado pelo fabricante é de extrema importância,<sup>(52)</sup> tendo então, os torquímetros, uma elevada importância para que os valores de torque medidos sejam os mais corretos e fidedignos possíveis, desta forma reduz-se a probabilidade de falha da reabilitação.<sup>(38)</sup>

O Médico Dentista necessita de um torquímetro calibrado e preciso, e como descrito em vários estudos<sup>(24, 42, 43)</sup>, e verificado na nossa investigação, poucos torquímetros (novos), atingem o valor exato de torque enunciado pelos fabricantes.

De forma a testar a fiabilidade de dois torquímetros manuais novos, assim como a fiabilidade de torquímetros digitais, e, separadamente, com o objetivo de comparar e quantificar o torque gerado manualmente, com uma chave de aperto manual, por Médicos Dentistas e estudantes de Medicina Dentária, foram realizados 4 ensaios mecânicos distintos, em ambiente pré-clínico.

Em relação aos resultados obtidos no primeiro ensaio relativo à comparação dos torquímetros manuais, nenhum dos torquímetros atingiu o torque pré-selecionado de 15 Ncm e 35 Ncm, como demonstrado na Tabela 2.

Neste estudo verificou-se que para apertos de 15 Ncm, não existem diferenças entre os dois tipos de torquímetros. No entanto, para apertos de 35 Ncm, o torquímetro *Spring-Style* exerce, em média, um torque superior comparado com torquímetros *Friction-Style*.

Ambos os torquímetros apresentam, em média, resultados bastante inferiores aos valores pré-determinados de 15 Ncm e 35 Ncm.

Os resultados obtidos no presente ensaio, estão de acordo com os resultados apresentados por Albayrak *et al.*<sup>(53)</sup> e Britton-Vidal *et al.*<sup>(54)</sup> que obtiveram resultados diferentes ao torque predefinido.

Valle *et al.*<sup>(42)</sup> referem que os torquímetros *Spring-Style* são mais precisos quando comparados com os torquímetros *Friction-Style*, o que é compatível com os nossos resultados. Este autor também constata que todos os resultados obtidos através do torquímetro *Friction-Style*, encontraram-se inferiores ao valor de torque predefinido. Novamente, Albayrak *et al.*<sup>(53)</sup> relataram que os torquímetros *Spring-Style* são mais precisos do que os torquímetros *Friction-Style*, mas que nenhum tipo de torquímetro foi capaz de alcançar valores de torque precisos.

Sendo que o operador que realizou este ensaio mecânico não apresenta qualquer experiência na área de implantologia, existe a possibilidade de não possuir a destreza manual e visual e a experiência necessária para a realização do correto aperto.<sup>(38)</sup> No entanto, o operador foi treinado pelo orientador.

McCracken *et al.*<sup>(41)</sup> refere também que os torquímetros *Friction-Style* produzem mais torque quando ativados lentamente (mais de 4 segundos), em comparação com uma ativação de 1 segundo. O valor de torque medido com a ativação lenta (mais de 4 segundos) foi o valor mais consistente e idêntico aos valores desejados, sendo que uma ativação rápida irá resultar num valor de torque menor. O operador seguiu as instruções para um aperto adequado, angulação de 90° com o eixo da mesa de trabalho e por sua vez com a plataforma do torquímetro e novamente<sup>(42)</sup>, a ativação lenta do mesmo (mais de 4 segundos), mas a combinação de alguns destes fatores pode ter interferido nos resultados obtidos. No entanto, importa realçar que em ambiente clínico, é impossível garantir, com 100% de certeza, que a chave de aperto se encontra 100% alinhada com o eixo do parafuso, pelo que os valores obtidos podem estar próximos de uma realidade clínica.

Como representado na Tabela 2, novamente, os valores médios de torque obtidos com o torquímetro *Friction-Style* são sempre inferiores aos valores médios de torque obtidos com o torquímetro *Spring-Style*. Apesar dos torquímetros *Friction-Style* serem menos precisos relativamente aos torquímetros *Spring-Style*, os profissionais devem utilizar estes sistemas pois há uma maior inconsistência nos valores de torque obtidos como aperto manual sem torquímetro.<sup>(29, 55)</sup>

De forma a reduzir a imprecisão dos torquímetros, Gutierrez *et al.*<sup>(56)</sup>, refere que estes devem ser recalibrados anualmente. Nesse sentido, procurou-se obter junto do fabricante informação sobre uma eventual calibração dos torquímetros, tendo sido referido de que não há necessidade, nem é um serviço prestado pela empresa.

Foi realizado também um segundo ensaio aos torquímetros (ensaio 1a), com o objetivo de se verificar se existiria alguma incredibilidade nos resultados pelo facto de o análogo do implante estar incluído em gesso tipo III, o que poderia interferir com as

medições, dada a possibilidade de micro movimentações do análogo no gesso. Foi então colocado o análogo de implante diretamente no torquímetro de bancada com o respetivo pilar *standard* reto e o parafuso de aperto (Figura 12). Apesar das diferenças de valores médios obtidos por ambos os torquímetros, a mesma conclusão é obtida: torquímetros *Friction-Style* são menos precisos comparados com torquímetros *Spring-Style*; e não existem diferenças significativas entre o análogo seguro em gesso e o análogo seguro diretamente no torquímetro de bancada.

Como descrito anteriormente, os torquímetros manuais são incapazes de aplicar valores de torque completamente precisos, não há uma uniformidade de valores de acordo com o utilizador, estes estão propensos a erros e desta forma, o que é idealmente recomendado é que o aperto final de componentes protéticos seja realizado com recurso a torquímetros digitais.<sup>(42, 55, 57)</sup>

Desta forma, os torquímetros digitais fornecem um torque mais uniforme, ao contrário dos torquímetros manuais que estão mais dependentes da destreza manual.<sup>(58, 59)</sup>

Como demonstrado nos estudos realizados por Tan *et al.*<sup>(58)</sup> e Kim *et al.*<sup>(60)</sup>, onde foram utilizados 3 torquímetros digitais e comparados os valores de torque obtidos, é demonstrada uma precisão e exatidão dos resultados superior, quando comparado com os torquímetros manuais, p.ex estudados por Goheen *et al.*<sup>(55)</sup>.

Kim *et al.*<sup>(60)</sup>, comparou 3 torquímetros digitais diferentes, e realizou medições de 10 Ncm, 20 Ncm, 30 Ncm e 40 Ncm. As medições de torque foram registadas em medidores de torque digitais. Este verificou que os torquímetros digitais da NSK® e da W&H® eram mais exatos e precisos comparativamente ao torquímetro digital da SAESHIN®. Este conclui que os torquímetros digitais são exatos e precisos, mas demonstra que serão necessários estudos clínicos para confirmar este facto.

Posto isto, foi realizado o “Ensaio 2” em que se pretendeu comparar a exatidão dos torques obtidos com torquímetros manuais vs torquímetros digitais.

Como demonstrado na Tabela 2 e na Tabela 12, os valores médios de torque obtidos com os torquímetros digitais (iChiropro® e iSD900®) são sempre superiores aos valores médios de torque obtidos com os torquímetros manuais (Medentika® e Straumann®). É notório que para o valor referência de 35 Ncm existe uma maior discrepância de valores. Tendo o operador seguido as instruções para um aperto adequado, o facto de ser necessário o correto posicionamento do torquímetro digital com uma angulação de 90° com o eixo do análogo de implante e por sua vez com a plataforma do torquímetro de bancada, a combinação de alguns destes fatores, novamente, poderá ter interferido nos resultados obtidos.

Contudo, estatisticamente, conclui-se que os torquímetros digitais são mais exatos quando comparados com torquímetros manuais, sendo que o aperto de componentes protéticos deverá ser realizado com recurso a torquímetros digitais.<sup>(58)</sup>

Vários Médicos Dentistas usam chaves de aperto manual para realizar o aperto de vários componentes protéticos em diferentes etapas do tratamento sendo que é importante que tenham conhecimento do torque que aplicam para apertar o parafuso, e desta forma minimizar a hipótese de haver complicações associadas, como a fratura e desaperto do parafuso protético.<sup>(33)</sup>

O termo "aparafusar" refere-se à união de duas partes usando um parafuso, p.ex um pilar e um implante, que mantêm a sua união através desse parafuso. Para apertar o parafuso, é aplicado um torque, que gera uma força ao parafuso chamada de pré-carga. Conforme o parafuso é apertado, ele alonga, gerando tensão.<sup>(61)</sup> A propriedade elástica do parafuso faz com que as duas partes sejam forçadas juntas, criando uma força de fixação. O torque aplicado desenvolve uma força dentro do parafuso chamada de pré-carga. A pré-carga, resultante do alongamento e da recuperação elástica do parafuso, tem a mesma magnitude que a força de aperto.<sup>(62)</sup>

No entanto, oposta à força de fixação, existe uma força de separação que tenta separar os componentes unidos. O desaperto do parafuso ocorre quando as forças de separação são maiores do que as forças de aperto que mantêm o parafuso apertado.<sup>(61)</sup> Forças excessivas podem causar o deslizamento das roscas do parafuso, resultando em perda da pré-carga.

Em resumo, aparafusar envolve unir duas partes usando um parafuso, aplicando torque para apertar e gerar uma força de aperto (pré-carga). Essa força de aperto mantém as partes unidas, mas forças de separação podem causar o desaperto do parafuso se forem maiores que a força de aperto, resultando na perda da pré-carga.<sup>(61)</sup>

De forma a testar e analisar a força máxima exercida manualmente, foi realizado um terceiro ensaio e após o ensaio mecânico e a respetiva recolha dos dados de cada aluno/docente, foram analisadas as médias, os desvios-padrão, os valores mínimos e os valores máximos, como representado na Tabela 16.

Nos estudos realizados por Kanawati *et al.*<sup>(33)</sup>, Hill *et al.*<sup>(28)</sup>, Parnia *et al.*<sup>(27)</sup> e Alikhasi *et al.*<sup>(29)</sup>, ficou explícita a grande variedade de forças de torque manual empregue por diversos Médicos Dentistas sendo então que neste estudo se obtém a mesma conclusão. De acordo com este estudo, o valor de torque exercido manualmente varia de 26,4 Ncm até 35,2 Ncm. Desta forma o termo "apertar apenas manualmente"

não é o suficiente pois, dependendo da destreza manual do clínico, este poderá estar a realizar um valor de torque de 26,4 Ncm a 35,2 Ncm (de acordo com este estudo).

No presente estudo a média de valores de torque máximo realizado pelos participantes foi de 31,9 Ncm, comparativamente com o estudo realizado por Kanawati *et al.*<sup>(33)</sup>, em que a média de valores de torque máximo foi de 24 Ncm. Esta discrepância de valores deve-se, provavelmente, aos seguintes factos:

- No estudo realizado por Kanawati *et al.*<sup>(33)</sup>, foi simulado o acesso limitado na cavidade oral;
- A posição do operador pode ter influência no valor de torque máximo realizado;
- O aparelho de medição de torque;

De forma a analisar a experiência do operador e compará-la com o torque máximo efetuado manualmente, docentes e alunos da FMD-UCP realizaram um ensaio mecânico. Com os dados obtidos neste estudo, a média dos valores de torque máximo atingido pelos docentes foi de 32,9 Ncm e a média dos alunos foi de 30,9 Ncm. No estudo de Parnia *et al.*<sup>(27)</sup>, a média dos valores de torque máximo atingido pelos docentes também foi superior à média atingida pelos alunos. Desta forma constatamos que existe, em média uma associação entre experiência do operador e força máxima exercida manualmente.

É notória uma ligeira diminuição do valor de torque máximo efetuado pelos participantes com o passar dos 3 ciclos de aperto, apesar de ter sido estabelecido o intervalo de 1 minuto de descanso entre cada aperto, a fadiga muscular é notória e desta forma a diminuição do valor máximo de torque, também.<sup>(63)</sup>

Com o objetivo de analisar e comparar o IMC relativamente à força de aperto manual, foi registado o peso, a altura e a idade de cada participante e posteriormente calculado o IMC. Sendo que, estatisticamente a regressão linear entre IMC e força não é significativa, pelo que o IMC, em média, não explica a força aplicada.

Apesar do esforço em simular da melhor maneira a cavidade oral (luvas humedecidas, participantes sentados, uso apenas dos dedos indicador/médio e polegar para realizar o aperto), a saliva, movimento da língua, abertura bucal e posição dos implantes não foram fatores presentes neste estudo sendo que estes fatores podem dificultar o clínico no momento do aperto manual e desta forma obter um valor de torque máximo inferior.<sup>(29)</sup>

Por último, foi realizado um quarto ensaio com o objetivo de verificar se após o aperto do parafuso protético a 35 Ncm através de um torquímetro manual, seria possível

ou não realizar o seu desaperto manual, sendo que, clinicamente, este poderia ser um bom indicador de que o parafuso protético tinha um torque adequado. Este ensaio teve também como objetivo, comparar Docentes/Alunos da FMD-UCP no momento de desaperto do parafuso protético.

De acordo com a Tabela 19 apenas dois Docentes conseguiram realizar o desaperto do parafuso protético previamente apertado a 35 Ncm. Os resultados deste ensaio demonstram que é necessário um torque muito mais elevado (aproximadamente 150% superior), para realizar o desaperto do parafuso protético, do que o torque de aperto aplicado. Estes dados são contraditórios com os encontrados pelos autores, Bulaqi *et al.*<sup>(64)</sup>, Paepoemsin *et al.*<sup>(65)</sup>, Ebadian *et al.*<sup>(66)</sup>, em que foram obtidos valores, semelhantes e/ou inferiores ao valores de aperto.

Esta discrepância de valores máximos comparativamente ao ensaio 3 pode estar relacionada com a sensibilidade do torquímetro de bancada e os vetores de aplicação de força para desaperto, pois podem ter sido introduzidas forças horizontais e verticais significativas ao tentar desapertar os parafusos.

Outra questão a considerar é o atrito entre o parafuso de aperto e o análogo de implante, que poderá explicar o facto de ser necessário um torque mais elevado para o desaperto do mesmo. Durante o processo de aperto, os parafusos podem sofrer uma deformação elástica e essa pode resultar no preenchimento total do espaço entre as espiras do parafuso pelo material, proporcionando um melhor aperto. Para ultrapassar essa deformação e reverter o processo, poderá ser necessário um torque adicional.<sup>(67, 68)</sup>

Os resultados sugerem a necessidade de aprofundar a investigação sobre o torque de desaperto de parafusos protéticos e o torquímetro de bancada utilizado nesta investigação.

#### 4.1. Análise crítica ao estudo

- Tamanho da amostra: no estudo foi utilizada uma amostra relativamente pequena, com 5 alunos e 5 docentes do 5º ano da FMD-UCP. O tamanho reduzido da amostra, resultante das limitações orçamentais para aquisição de material, pode limitar a representatividade dos resultados e a sua aplicabilidade a outras populações.
- Ausência de diversidade de género: foram utilizados apenas participantes do género masculino devido ao pequeno tamanho da amostra. A ausência de docentes do género feminino pode limitar a representatividade dos resultados em termos de habilidades manuais e torque exercido.
- Limitações do ensaio laboratorial: o estudo foi realizado num ambiente laboratorial pré-clínico, o que pode não refletir totalmente as condições clínicas reais. As medições realizadas em laboratório podem não capturar todas as complexidades e variabilidades encontradas na prática clínica.
- Limitação dos instrumentos de medição: embora tenham sido utilizados vários instrumentos de medição, incluindo torquímetros manuais, digitais e de bancada, é importante considerar a calibração dos mesmos. Pequenas variações nos resultados/utilização podem ocorrer devido a essas limitações. No entanto, desconhece-se qualquer empresa que faça este serviço de calibração dos torquímetros utilizados em implantologia.
- Uso de análogos de implantes: os testes foram realizados utilizando análogos de implantes em gesso tipo III e o análogo seguro diretamente no torquímetro de bancada. Embora isso possa fornecer um ambiente controlado para os ensaios, pode não refletir completamente as condições reais de um implante dentário em um paciente. É tido em conta também o facto de os análogos de implantes poderem não estar precisamente a 90º relativamente á estrutura. O uso de um análogo por ciclo de aperto seria o ideal.
- Limitação da quantidade de parafusos de aperto: idealmente deveriam ter sido utilizados novos parafusos de aperto para o ensaio 3 e ensaio 4.
- Fatores humanos: A inexperiência do operador na área de implantologia poderá ter afetado alguns dos resultados obtidos.



---

## **5. CONCLUSÕES**



Mediante os objetivos estipulados e atendendo às limitações do estudo podemos concluir que:

- Os torquímetros manuais utilizados (*Friction-style* e *Spring-style*) não atingiram os valores de referência selecionados (15 Ncm & 35 Ncm). Os valores obtidos foram 25,3-31,7% inferiores aos valores indicados pelo torquímetro da Straumann® e em 32,0-34,3% inferiores ao torquímetro da Medentika®.
- Os valores médios obtidos com o torquímetro *Friction-Style* foram sempre inferiores aos valores médios obtidos com o torquímetro *Spring-Style*.
- Os torquímetros digitais demonstraram ser mais exatos em comparação com os torquímetros manuais.
- A média dos valores de torque máximo atingido pelos docentes foi superior à média atingida pelos alunos, pelo que se parece verificar uma associação entre a experiência do operador e a força máxima exercida manualmente.
- Neste estudo, o desaperto manual de parafusos protéticos previamente apertados a 35 Ncm requer um torque significativamente maior do que o torque de aperto aplicado. Os dados obtidos contradizem estudos anteriores, pelo que há necessidade de investigações adicionais sobre este assunto.



---

## **6. BIBLIOGRAFIA**



- 
1. World Health Organization. World Health Statistics 2022 [131]. Available from: <https://www.who.int/news/item/20-05-2022-world-health-statistics-2022>.
  2. World Health Organization. Global oral health status report2022:[120 p.]. Available from: <https://www.who.int/team/noncommunicable-diseases/global-status-report-on-oral-health-2022>.
  3. World Health Organization. Continuous improvement of oral health in the 21st century – the approach of the WHO Global Oral Health Programme: WHO; 2003 [
  4. Ordem dos Médicos Dentistas. Barómetro da Saúde Oral. 2022.
  5. Macek MD, Beltran-Aguilar ED, Lockwood SA, Malvitz DM. Updated comparison of the caries susceptibility of various morphological types of permanent teeth. *J Public Health Dent.* 2003;63(3):174-82.
  6. Emami E, de Souza RF, Kabawat M, Feine JS. The impact of edentulism on oral and general health. *Int J Dent.* 2013;2013:498305.
  7. Misch CE. Prosthetic options in implant dentistry. *Int J Oral Implantol.* 1991;7(2):17-21.
  8. Campbell SD, Cooper L, Craddock H, Hyde TP, Nattress B, Pavitt SH, et al. Removable partial dentures: The clinical need for innovation. *J Prosthet Dent.* 2017;118(3):273-80.
  9. Mericske-Stern RD, Taylor TD, Belser U. Management of the edentulous patient. *Clin Oral Implants Res.* 2000;11 Suppl 1:108-25.
  10. Abraham CM. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *Open Dent J.* 2014;8:50-5.
  11. Rutkowski R, Smeets R, Neuhofer L, Stolzer C, Strick K, Gosau M, et al. Success and patient satisfaction of immediately loaded zirconia implants with fixed restorations one year after loading. *BMC Oral Health.* 2022;22(1):198.
  12. Pjetursson BE, Karoussis I, Burgin W, Bragger U, Lang NP. Patients' satisfaction following implant therapy. A 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(2):185-93.
  13. Chee W, Jivraj S. Screw versus cemented implant supported restorations. *Br Dent J.* 2006;201(8):501-7.
  14. Nissan J, Narobai D, Gross O, Ghelfan O, Chaushu G. Long-term outcome of cemented versus screw-retained implant-supported partial restorations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(5):1102-7.
  15. Lee A, Okayasu K, Wang HL. Screw- versus cement-retained implant restorations: current concepts. *Implant Dent.* 2010;19(1):8-15.
  16. Michalakis KX, Hirayama H, Garefis PD. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(5):719-28.
  17. Warreth A, McAleese E, McDonnell P, Slami R, Guray SM. Dental implants and single implant-supported restorations. *J Ir Dent Assoc.* 2013;59(1):32-43.
  18. Huang Y, Wang J. Mechanism of and factors associated with the loosening of the implant abutment screw: A review. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(4):338-45.
  19. Straumann®. Assembly instructions for ratchet and torque control device. 2020. p. 1, 2.
  20. Burdette Dental Lab. Implant Torque Specification Guide. 2016.
  21. The Editors of Encyclopaedia Britannica. "torque". *Encyclopaedia Britannica*, 1 sep. 2022.
  22. Myers RL. *The basics of physics*. Westport, Conn.: Greenwood Press; 2006. xii, 365 p. p.
  23. Straumann®. Assembly instructions for ratchet and torque control device: ©Straumann, USA; 2019 [Available from: <https://www.straumann.com/content/dam/media-center/straumann/en-us/documents/letter/NAMLIT-074-Ratchet-and-Torque-V2-PMR.pdf>].
-

24. Erdem MA, Karatasli B, Dinçer Kose O, Kose TE, Çene E, Aydın Aya S, et al. The Accuracy of New and Aged Mechanical Torque Devices Employed in Five Dental Implant Systems. *Biomed Res Int.* 2017;2017:8652720.
25. Honorio Tonin BS, He Y, Ye N, Chew HP, Fok A. Effects of tightening torque on screw stress and formation of implant-abutment microgaps: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2022;127(6):882-9.
26. Bousquet P, Bennasar IC, Tramini P, Jacquemot M, Cuisinier F. Tightening of healing abutments: influence of torque on bacterial proliferation risk, an in vitro investigation. *Biomed Tech (Berl).* 2014;59(6):495-500.
27. Parnia F, Yazdani J, Fakour P, Mahboub F, Vahid Pakdel SM. Comparison of the maximum hand-generated torque by professors and postgraduate dental students for tightening the abutment screws of dental implants. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2018;12(3):190-5.
28. Hill EE, Phillips SM, Breeding LC. Implant abutment screw torque generated by general dentists using a hand driver in a limited access space simulating the mouth. *J Oral Implantol.* 2007;33(5):277-9.
29. Alikhasi M, Kazemi M, Jalali H, Hashemzadeh S, Dodangeh H, Yilmaz B. Clinician-generated torque on abutment screws using different hand screwdrivers. *J Prosthet Dent.* 2017;118(4):488-92.
30. Preiskel HW, Tsolka P. Cement- and screw-retained implant-supported prostheses: up to 10 years of follow-up of a new design. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(1):87-91.
31. Hebel KS, Gajjar RC. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J Prosthet Dent.* 1997;77(1):28-35.
32. Jaarda MJ, Razzoog ME, Gratton DG. Ultimate tensile strength of five interchangeable prosthetic retaining screws. *Implant Dent.* 1996;5(1):16-9.
33. Kanawati A, Richards MW, Becker JJ, Monaco NE. Measurement of clinicians' ability to hand torque dental implant components. *J Oral Implantol.* 2009;35(4):185-8.
34. Haas R, Mensdorff-Pouilly N, Mailath G, Watzek G. Branemark single tooth implants: a preliminary report of 76 implants. *J Prosthet Dent.* 1995;73(3):274-9.
35. Guda T, Ross TA, Lang LA, Millwater HR. Probabilistic analysis of preload in the abutment screw of a dental implant complex. *J Prosthet Dent.* 2008;100(3):183-93.
36. Jividen G, Jr., Misch CE. Reverse torque testing and early loading failures: help or hindrance? *J Oral Implantol.* 2000;26(2):82-90.
37. Yilmaz B, L'Homme-Langlois E, Beck FM, McGlumphy E. Accuracy of mechanical torque-limiting devices for dental implants after clinical service. *J Prosthet Dent.* 2015;114(3):378-82.
38. L'Homme-Langlois E, Yilmaz B, Chien HH, McGlumphy E. Accuracy of mechanical torque-limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent.* 2015;114(4):524-8.
39. Neugebauer J, Petermüller S, Scheer M, Happe A, Faber FJ, Zoeller JE. Comparison of design and torque measurements of various manual wrenches. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015;30(3):526-33.
40. Cehreli MC, Akca K, Tonuk E. Accuracy of a manual torque application device for morse-taper implants: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(5):743-8.
41. McCracken MS, Mitchell L, Hegde R, Mavalli MD. Variability of mechanical torque-limiting devices in clinical service at a US dental school. *J Prosthodont.* 2010;19(1):20-4.
42. Vallee MC, Conrad HJ, Basu S, Seong WJ. Accuracy of friction-style and spring-style mechanical torque limiting devices for dental implants. *J Prosthet Dent.* 2008;100(2):86-92.

- 
43. Yilmaz B, L'Homme-Langlois E, Beck FM, McGlumphy E. Effect of long-term steam autoclaving on changes in torque delivery of spring- and friction-type torque wrenches. *J Prosthet Dent.* 2016;115(6):718-21.
  44. Jiries Y, Brosh T, Matalon S, Perlis V, Ormianer Z. Effects of Aging Torque Controllers on Screw Tightening Force and Bacterial Micro-Leakage on the Implant-Abutment Complex. *Materials (Basel).* 2022;15(2).
  45. Standlee JP, Caputo AA, Chwu MY, Sun TT. Accuracy of mechanical torque-limiting devices for implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002;17(2):220-4.
  46. Straumann®. eShop Straumann Group: Straumann®; 2023 [Available from: [https://shop.straumann.com/pt/pt\\_pt](https://shop.straumann.com/pt/pt_pt)].
  47. Romeo E, Lops D, Margutti E, Ghisolfi M, Chiapasco M, Vogel G. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implant system. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(2):247-59.
  48. French D, Ofec R, Levin L. Long term clinical performance of 10 871 dental implants with up to 22 years of follow-up: A cohort study in 4247 patients. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2021;23(3):289-97.
  49. Balshi TJ, Wolfinger GJ, Slauch RW, Balshi SF. A retrospective analysis of 800 Branemark System implants following the All-on-Four protocol. *J Prosthodont.* 2014;23(2):83-8.
  50. Simonis P, Dufour T, Tenenbaum H. Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(7):772-7.
  51. Charyeva O, Altynbekov K, Zhartybaev R, Sabdanaliev A. Long-term dental implant success and survival--a clinical study after an observation period up to 6 years. *Swed Dent J.* 2012;36(1):1-6.
  52. Byrne D, Jacobs S, O'Connell B, Houston F, Claffey N. Preloads generated with repeated tightening in three types of screws used in dental implant assemblies. *J Prosthodont.* 2006;15(3):164-71.
  53. Albayrak H, Gumus HO, Tursun F, Kocaagaoglu HH, Kilinc HI. Accuracy of torque-limiting devices: A comparative evaluation. *J Prosthet Dent.* 2017;117(1):81-6.
  54. Britton-Vidal E, Baker P, Mettenburg D, Pannu DS, Looney SW, Londono J, et al. Accuracy and precision of as-received implant torque wrenches. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):811-6.
  55. Goheen KL, Vermilyea SG, Vossoughi J, Agar JR. Torque generated by handheld screwdrivers and mechanical torquing devices for osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1994;9(2):149-55.
  56. Gutierrez J, Nicholls JI, Libman WJ, Butson TJ. Accuracy of the implant torque wrench following time in clinical service. *Int J Prosthodont.* 1997;10(6):562-7.
  57. Gross M, Kozak D, Laufer BZ, Weiss EI. Manual closing torque in five implant abutment systems: an in vitro comparative study. *J Prosthet Dent.* 1999;81(5):574-8.
  58. Tan KB, Nicholls JI. The effect of 3 torque delivery systems on gold screw preload at the gold cylinder-abutment screw joint. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2002;17(2):175-83.
  59. Ko BD, Son K, Kang SH, Lee KB. Accuracy of different electronic torque drivers: A comparative evaluation. *J Adv Prosthodont.* 2019;11(6):350-7.
  60. Kim RH, Lee WS, Son K, Lee KB. Comparison of Tightening Screw Accuracy of Electronic Torque Drivers. *Int J Prosthodont.* 2019;32(4):349-51.
  61. McGlumphy EA, Mendel DA, Holloway JA. Implant screw mechanics. *Dent Clin North Am.* 1998;42(1):71-89.
  62. Haack JE, Sakaguchi RL, Sun T, Coffey JP. Elongation and preload stress in dental implant abutment screws. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1995;10(5):529-36.
  63. Danna-Dos Santos A, Poston B, Jesunathadas M, Bobich LR, Hamm TM, Santello M. Influence of fatigue on hand muscle coordination and EMG-EMG coherence during three-digit grasping. *J Neurophysiol.* 2010;104(6):3576-87.

64. Bulaqi HA, Barzegar A, Paknejad M, Safari H. Assessment of preload, remaining torque, and removal torque in abutment screws under different frictional conditions: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2019;121(3):548 e1- e7.
65. Paepoemsin T, Reichart PA, Chaijareenont P, Strietzel FP, Khongkhunthian P. Removal torque evaluation of three different abutment screws for single implant restorations after mechanical cyclic loading. *Oral Implantol (Rome).* 2016;9(4):213-21.
66. Ebadian B, Fathi A, Khodadad S. Comparison of the Effect of Four Different Abutment Screw Torques on Screw Loosening in Single Implant-Supported Prosthesis after the Application of Mechanical Loading. *Int J Dent.* 2021;2021:3595064.
67. Fukuoka T, Takaki T. Elastic Plastic Finite Element Analysis of Bolted Joint During Tightening Process. *Journal of Mechanical Design - J MECH DESIGN.* 2003;125.
68. Nassar SA, Yang X, Ganeshmuthy S. Analysis on Yield Tightening of Threaded Fasteners. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing.* 2009;1(1):249-54.



**7. ANEXOS**





## 7.1. Certificado de calibración do torquímetro de bancada

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN***Certificate of calibration*

Número: TS21/21147

*Number*

Página 1 de 3 páginas

*Page 1 of 3 pages***1999 Servincal S.L.**

LABORATORIO DE METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

C/Kripton 19 A - 47012 Valladolid. España

Tfno: +34 983 218 214

servincal@servincal.es

www.servincal.es

**Servincal**  
Metrología y Calibración

<b>OBJETO:</b> <i>Item</i>	TORCÓMETRO	
<b>MARCA:</b> <i>Mark</i>	PCE INSTRUMENTS	
<b>MODELO:</b> <i>Model</i>	PCE-CTT	
<b>IDENTIFICACIÓN:</b> <i>Identification</i>	Nº Serie: 40220091201	Código: --
<b>SOLICITANTE:</b> <i>Applicant</i>	UNIVERSIDAD CATOLICA PORTUGUESA ENTRADA DA CIRCUNVALÇÃO  3504 VISEU ,	
<b>FECHA/S CALIBRACIÓN:</b> <i>Date/s of calibration</i>	09/11/2021	<b>Nº DE EXPEDIENTE:</b> 29567 <i>Expedient number</i>
<b>PRÓXIMA CALIBRACIÓN:</b> <i>Date Due</i>	(Establecida por el cliente)	

Signatario autorizado  
*Authorized signatory*Firmado digitalmente por: MANUEL PALAZUELOS JOSE ANTONIO - 05321575C  
Motivo: Director Técnico de Servincal  
Localización: Valladolid, España  
Fecha y hora: 16.11.2021 12:37:11José A. Manuel Palazuelos  
Director TécnicoFecha de emisión  
*Date of issue*

10 de noviembre de 2021

Este certificado está firmado electrónicamente. Toda reproducción en papel se considerará una copia.  
*This certificate has been signed electronically. Any paper reproduction will be considered a copy.*

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones recogidas en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Este documento garantiza la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales de los Instrumentos utilizados en el laboratorio para las calibraciones, así como la precisión metodológica de los procedimientos y las capacidades de medida del laboratorio. Este certificado NO podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

*This certificate is issued in accordance with the UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. This document assures traceability to national and international standards for instruments used in calibration laboratory, as well as methodological precision in procedures and the measurement capability of the laboratory. This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.*



# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Certificate of calibration

Número: TS21/21147

Number

Página 2 de 3 páginas

Page 2 of 3 pages

## DATOS DEL EQUIPO A CALIBRAR

**INSTRUMENTO:** TORCÓMETRO  
**MARCA/MODELO:** PCE INSTRUMENTS / PCE-CTT  
**IDENTIFICACIÓN:** Nº Serie: 40220091201 Código: --  
**ALCANCE:** 20,17 kgf.cm  
**RESOLUCIÓN:** 0,01 kgf.cm  
**SOLICITANTE:** UNIVERSIDAD CATOLICA PORTUGUESA  
**FECHA Recepción:** 02/11/2021 **FECHA/S Calibración:** 09/11/2021

## DATOS DE LA CALIBRACIÓN

INSTRUMENTOS PATRÓN :	Nº SERIE:	Nº CERTIFICADO:
TORCÓMETRO	C.08.0370	185239
TERMOHIGROMETRO	181620943	SC21/7083
--	--	--
--	--	--
--	--	--

**PROCEDIMIENTO:** TS-PC-07-58

### PROCESO DE MEDIDA:

La calibración se ha realizado tras dejar estabilizar el instrumento durante un periodo superior a 24 horas en condiciones de temperatura y humedad controladas.

El torcómetro ha sido calibrado en sentido horario , generando los momentos a través de patrones de masa y longitud, y tomando 5 valores repetidos a lo largo del alcance del equipo, como queda reflejado en las tablas siguientes.

### TRAZABILIDAD:

La trazabilidad de las medidas efectuadas se refiere a nuestros patrones de referencia calibrados periódicamente en laboratorios nacionales o internacionales, acreditados o reconocidos por ENAC, o a través de laboratorios participantes en intercomparaciones del BIPM.

### CONDICIONES AMBIENTALES:

TEMPERATURA (°C): 20 ± 2

HUMEDAD RELATIVA (%): < 60

PRESIÓN ABSOLUTA (PA):

**LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio Servincal

**OBSERVACIONES:**

# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of calibration*

Número: TS21/21147

*Number*

Página 3 de 3 páginas

*Page 3 of 3 pages*

## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la Incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La Incertidumbre típica de medida se ha determinado conforme al Doc EA4/02.

Sentido horario:

Nominal (kgf.cm)	2,02	6,05	10,08	12,10	20,17
Valores leídos (kgf.cm)	2,01	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,05	10,09	12,11	20,18
	2,01	6,05	10,09	12,11	20,18
	2	6,04	10,08	12,1	20,17
Valor medio (kgf.cm)	2	6,05	10,09	12,11	20,18
Desviación al nominal (%)	0,83	0,01	0,06	0,08	0,06
Incertidumbre del patrón (kgf.cm)	1,5E-05	4,0E-05	8,1E-05	9,0E-05	1,5E-04
Inc. resolución (kgf.cm)	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029	0,0029
Inc. repetibilidad (kgf.cm)	0,0024	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
Incertidumbre combinada	0,0038	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035
Grados efectivos de libertad	23	38	38	38	38
Factor de cobertura	2,13	2,13	2,13	2,13	2,13
Incertidumbre expandida U (kgf.cm)	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007

Fecha de emisión: 10 de noviembre de 2021

Número de expediente: 29567