



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

ZILBERTO JULIÃO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE GEL ADESIVO/CONDUTIVO PARA DISPOSITIVOS
BIOMÉDICOS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2019**

ZILBERTO JULIÃO DE OLIVEIRA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE GEL ADESIVO/CONDUTIVO PARA DISPOSITIVOS
BIOMÉDICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de bacharel em Química Industrial.

Área de concentração: Química Orgânica.

Orientadora: Prof^a. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto.

**CAMPINA GRANDE -PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

O48d Oliveira Júnior, Zilberto Julião de.
Desenvolvimento de gel adesivo/condutoivo para dispositivos biomédicos [manuscrito] / Zilberto Juliao de Oliveira Junior. - 2019.
35 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto , Departamento de Química - CCT."
1. Dispositivos biomédicos. 2. Eletrodos de superfície. 3. Gel adesivo. 4. Polímeros. I. Título
21. ed. CDD 660

ZILBERTO JULIÃO DE OLIVEIRA JÚNIOR

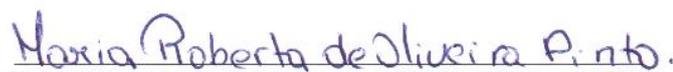
DESENVOLVIMENTO DE GEL ADESIVO/CONDUTIVO PARA DISPOSITIVOS
BIOMÉDICOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Estadual da
Paraíba em cumprimento às exigências
legais para obtenção do título de
bacharel em Química Industrial.

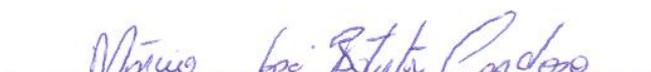
Área de concentração: Química
Orgânica.

Aprovado em: 21/06/2019

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto - UEPB
(Orientadora)


Ms. Kleilton Oliveira Santos – CERTBIO - UFCG
(Examinador externo)


Dr. Márcio Cardoso Barbosa – CERTBIO - UFCG
(Examinador externo)

Aos meus pais, pela dedicação, esforço, inspiração e por serem minha maior força na vida, *DEDICO*.

AGRADECIMENTOS

A Deus Todo Poderoso por toda força que me fez chegar até aqui, por não me deixar desistir em meio a tantas dificuldades. Sou imensamente grato por toda proteção e livramento do Senhor. Graças e Louvores sejam dados a Ti, Senhor!

Aos meus pais, **Edijane** e **Zilberto**, pelo incondicional esforço para me proporcionar uma educação digna, por todo o suporte na vida e por me ensinarem a nunca abaixar a cabeça diante as adversidades e lutar pelo alcance dos meus objetivos.

À minha orientadora **Prof^ª. Dra. Maria Roberta de Oliveira Pinto** pelas oportunidades concedidas durante a graduação, por me permitir fazer parte do grupo de pesquisa e por me ensinar muito mais do que eu poderia aprender apenas em sala de aula. Obrigada pela paciência e dedicação.

À minha companheira e namorada **Laysla Lopes** pela compreensão e pelo apoio, não me permitindo desistir e confiando em mim até quando eu não confiei.

Aos meus companheiros de turma que se tornaram amigos e trouxeram leveza a rotina desgastante da graduação. Em especial, **Hilda Camila**, por toda ajuda sempre que precisei, uma amiga presente em minha vida durante anos, a qual tornou-se uma verdadeira irmã e compartilhou anos de graduação deste curso até a conclusão do mesmo.

Aos pesquisadores do CERTBIO Dr. **Márcio Cardoso Barbosa** e Ms. **Kleilton Oliveira Santos** por toda dedicação e pelas valiosas contribuições.

Ao Laboratório CERTBIO por proporcionar toda a estrutura necessária ao desenvolvimento desta pesquisa e aos seus gestores.

À Universidade Estadual da Paraíba e seus profissionais que contribuíram com minha formação.

RESUMO

A tecnologia e suas inovações tornou-se um grande aliado para área da saúde. Com a busca por resultados imediatos e mais precisos em exames médicos a utilização de dispositivos biomédicos como auxílio se tornou indispensável. Os eletrodos de superfície são exemplos destes dispositivos, utilizados para obtenção de potenciais elétricos gerados pelo corpo humano, tornando-se possível o monitoramento das atividades musculares. Esses eletrodos são dispositivos formados por sensores de prata/cloreto de prata sobre um substrato polimérico. Os eletrodos de superfície possuem um gel adesivo para possibilitar aderência dos mesmos à pele, além de auxiliar na condutividade se tiverem um sal condutor em sua composição. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um gel adesivo/condutivo para eletrodos de superfície. Para tal foram produzidos géis poliméricos a base de polivinilpirrolidona (PVP), álcool polivinílico (PVA) e uma mistura destes polímeros. Para a preparação destes géis utilizou-se os polímeros PVP e/ou PVA em diferentes concentrações (10%, 20% e 30%), o aditivo polietilenoglicol 400 (10% v/v), o cloreto de potássio (5% m/v) como sal condutor e 20 mL de água destilada. Os géis foram caracterizados por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia óptica (MO), calorimetria exploratória diferencial (DSC), condutividade elétrica e adesividade. Os resultados da espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier mostraram a presença de grupos funcionais e bandas típicas dos polímeros utilizados nos géis. A microscopia óptica mostrou uma morfologia de superfície melhor para as amostras a base de polivinilpirrolidona (PVP). As análises de calorimetria exploratória diferencial identificaram temperaturas de transição e degradação próximas para amostras de PVA e PVP. A condutividade elétrica para o gel desenvolvido a base de PVP foram satisfatórios apresentando um potencial de melhoria. A adesividade mostrou-se presente apenas nas amostras de PVP. Os resultados indicam que foi possível o desenvolvimento de um gel adesivo/condutivo com os materiais apresentados.

Palavras-Chave: Dispositivos biomédicos. Eletrodos de superfície. Gel adesivo. Polímeros.

ABSTRACT

The technology and its innovations have become a great ally for health care. With the search for immediate and more accurate results in medical examinations the use of biomedical devices as an aid has become indispensable. Surface electrodes are examples of these devices, used to obtain electrical potentials generated by the human body, making it possible to monitor muscular activities. These electrodes are devices formed by silver/silver chloride sensors on a polymeric substrate. The surface electrodes have an adhesive gel to allow adhesion of the same to the skin, as well as assist in conductivity if they have a conductive salt in their composition. In view of the above, this work had the objective of developing an adhesive/conductive gel for surface electrodes. Polyvinylpyrrolidone (PVP), polyvinylalcohol (PVA) and a mixture of these polymers were produced for this purpose. For the preparation of these gels the PVP and/or PVA polymers were used in different concentrations (10%, 20% and 30%), the polyethylene glycol 400 additive (10% v/v), the potassium chloride (5% v) as the conducting salt and 20 mL of distilled water. Gels were characterized by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, optical microscopy (OM), differential scanning calorimetry (DSC), electrical conductivity and adhesiveness. The Fourier transform infrared spectroscopy results showed the presence of functional groups and bands typical of the polymers used in the gels. Optical microscopy showed better surface morphology for polyvinylpyrrolidone (PVP) based samples. Differential scanning calorimetry analyzes identified near transition and degradation temperatures for PVA and PVP samples. The electrical conductivity for the PVP-based gel was satisfactory with a potential for improvement. The adhesiveness was only present in PVP samples. The results indicate that it was possible to develop an adhesive/conductive gel with the materials presented.

Keywords: Biomedical devices. Surface electrodes. Adhesive gel. Polymers.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	Dispositivos biomédicos	9
2.2	Eletrodos de superfície	10
2.3	Polímeros	11
2.3.1	<i>Polivinilpirrolidona (PVP)</i>	11
2.3.2	<i>Álcool polivinílico (PVA)</i>	12
2.3.3	<i>Polietilenoglicol</i>	14
2.4	Cloreto de potássio	15
3	METODOLOGIA	17
3.1	Preparações das amostras	17
3.2	Caracterizações	19
3.2.1	<i>Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)</i>	19
3.2.2	<i>Microscopia Óptica (MO)</i>	19
3.2.3	<i>Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)</i>	19
3.2.4	<i>Condutividade Elétrica</i>	20
3.2.5	<i>Adesividade</i>	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1	Preparações das amostras	23
4.2	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) ...	24
4.3	Microscopia Óptica (MO)	26
4.4	Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)	29
4.5	Condutividade Elétrica	30
4.6	Adesividade	31
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O uso de dispositivos biomédicos, auxiliando na resolução de problemas e na obtenção de resultados na área da saúde, tem crescido ao longo dos anos. A tecnologia destes dispositivos permite uma relação mais rápida entre prevenção, diagnóstico e terapia de doenças. A utilização de eletrodos de superfície na análise comportamental de músculos, por exemplo, tem sido algo indispensável, visto que a tecnologia dos sinais providos pelas correntes elétricas possibilitam uma aplicabilidade mais fácil e números mais exatos nas análises.

Os primeiros trabalhos envolvendo a preparação de eletrodos com superfícies modificadas surgiram no início da década de 70. Até então só eram utilizados eletrodos de materiais ditos “inertes” tais como carbono, ouro, platina e mercúrio (SOUZA, 1996).

A eletromiografia e o eletrocardiograma são técnicas que fazem uso destes eletrodos e dos sinais obtidos por eles por meio dos pulsos elétricos. Enquanto a eletromiografia “é utilizada nas ciências de reabilitação, ergonomia e diagnósticos neuromusculares (FORTI, 2005)” os eletrocardiogramas se atem na avaliação de distúrbios do ritmo cardíaco.

Uma técnica bastante atrativa para a preparação de eletrodos modificados é o recobrimento da superfície do eletrodo com filmes poliméricos, que devem ser condutores ou permeáveis ao eletrólito de suporte e à espécie de interesse. A cobertura polimérica pode ser obtida a partir de soluções de polímeros pré-formados, ou através de polimerização *in situ* a partir de unidades monoméricas (SOUZA, 1996).

Para uma melhor adesão destes eletrodos à pele o uso de géis poliméricos são recorrentes, os quais também auxiliam na condutividade se tiverem um sal condutor em sua composição.

Trabalhos recentes mostram a busca por melhorias dos eletrodos de superfície, métodos e associação de eletrodos com técnicas para potencialização das medidas e uma melhor condição de trabalho.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um gel adesivo/condutoivo para uso em eletrodos de superfície e sua caracterização e comparação com um gel comercial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dispositivos biomédicos

Até há pouco tempo atrás, o termo instrumento médico representava instrumentos manuais simples utilizados por médicos para observar pacientes, examinar órgãos, fazer medidas simples, ou ministrar medicamentos. Estes pequenos instrumentos, tais como estetoscópios, termômetros, depressores de língua e algumas ferramentas cirúrgicas cabiam tipicamente na bolsa de mão de um médico. Hoje, os instrumentos médicos são consideravelmente mais complicados e diversos, principalmente porque eles incorporam sistemas eletrônicos de detecção, transdução, manipulação, armazenamento e exibição de dados ou informação. Além disso, os especialistas médicos de hoje requerem medições detalhadas e precisas de um vasto número de parâmetros fisiológicos para diagnosticar doenças e prescrever complicados procedimentos para tratá-las. Como resultado, o número de instrumentos e dispositivos médicos cresceram de algumas centenas na geração anterior para mais de 10.000 hoje, e a complexidade destes instrumentos cresceu no mesmo passo (RAMÍREZ, 2019).

Enquanto que os instrumentos médicos adquirem e processam informação e dados para monitoração de pacientes e diagnóstico de enfermidades, os dispositivos médicos utilizam energia elétrica, mecânica, química ou radiação para alcançar um propósito terapêutico desejado, mantendo funções fisiológicas ou ajudando um paciente em processo de cura. Para mencionar somente algumas funções, os dispositivos médicos bombeiam sangue, removem produtos de resíduos metabólicos, pulverizam pedras dos rins, infundem líquidos e drogas, estimulam músculos e nervos, cortam tecidos, administram anestesia, aliviam dores, restabelecem funções ou aquecem tecidos. Por causa da sua complexidade, os dispositivos médicos são utilizados, na maioria das vezes, em hospitais e centros médicos por pessoal treinado, mas alguns também podem ser encontrados nas residências, onde são operadas pelos próprios pacientes ou pelas pessoas que tomam conta deles (RAMÍREZ, 2019).

Um tipo de dispositivo biomédico são os dispositivos de estímulos nervosos, que como o próprio nome diz, são responsáveis por proporcionar estímulos ao corpo humano para que sejam feitas leituras de sinais através destes.

A pele é ricamente inervada por axônios que se distribuem em uma vasta rede de nervos periféricos, que vão desde os receptores sensoriais somáticos até o sistema nervoso central. Esses axônios são chamados de aferentes primários (GARDNER e KANDEL, 2000a;

GARDNER et al., 2000b). Os axônios possuem uma variedade de diâmetros que se correlacionam com o tipo de receptor sensitivo aos quais estão ligados.

No processo de transmissão de informações sabemos que o neurônio é o nosso facilitador. Ele por sua vez, é uma célula excitável geradora de potenciais de ação (PA) (SOUZA, KRISAN, COSTA E FERMOSELI, 2015). Segundo Lent (2010) PA é um pulso elétrico gerado pela membrana plasmática, rápido, que se propaga com enorme velocidade ao longo do axônio. Têm características próprias, tais quais: forma gráfica invariante, ou seja, ocorrerá sempre da mesma forma para cada tipo de neurônio.

Uma maneira de proporcionar os estímulos nervosos é através de pulsos elétricos sob a pele. Por meio dos eletrodos superficiais é possível proporcionar estímulos elétricos a pele, que serão utilizados para se obter sinais como respostas para leitura e interpretação de um resultado.

2.2 Eletrodos de superfície

Os eletrodos são dispositivos de entrada e saída de corrente em um sistema elétrico. O eletrodo é o local de conexão entre o corpo e o sistema de aquisição, devendo ser colocado próximo o bastante do músculo para que este possa captar sua corrente iônica. A área da interface eletrodo-tecido é chamada de superfície de detecção, comportando-se como um filtro passa-baixa cujas características dependem do tipo de eletrodo e do eletrólito utilizado (MARCHETTI e DUARTE, 2006).

Existem diversos tipos de eletrodos, delineados para diferentes tipos de aquisição, tarefa, natureza da pesquisa e músculo específico. Em se tratando de músculos profundos ou pequenos, utilizam-se eletrodos de fio ou de agulha, pois esses possuem pequena área de detecção e são limitados nos estudos de unidades motoras (MARCHETTI e DUARTE, 2006).

Os eletrodos superficiais são aderidos à pele, constituindo uma superfície de detecção que capta a corrente na pele através da interface pele-eletrodo. São geralmente compostos por um sistema Ag-AgCl associado a um gel condutor (eletrólito). Contudo, qualquer combinação metal/gel que permita reação eletrolítica pode servir (MARCHETTI e DUARTE, 2006).

Eletrólitos poliméricos são basicamente sistemas binários do tipo polímero/sal, onde o polímero atua como solvente para um sal, tornando-o parcialmente dissociado na matriz e levando o sistema a um comportamento de eletrólito (ALEXANDRE, GUILHERME e SILVA, 2015).

2.3 Polímeros

Polímero é uma molécula grande, de alta massa molar, originada da repetição de segmentos ao longo da cadeia; seu termo é originado do grego: poli que significa muitos e mero que significa partes ou unidades¹. Assim, podemos dizer que polímeros são macromoléculas caracterizadas pela repetição múltipla de uma ou mais espécies de unidades estruturais menores (monômeros) ligadas umas nas outras em quantidades suficientes para prover uma série de propriedades que não variam marcadamente com a adição ou remoção de uma ou de poucas unidades constitucionais (RODRIGUEZ, 2009).

Apresentam características próprias, mais dominantes que as que decorrem da natureza química dos átomos que as constituem ou dos grupamentos funcionais presentes. Tais propriedades decorrem de interações envolvendo segmentos da mesma macromolécula ou de outras. Em solução, essas interações entre moléculas de alto peso molecular acarretam um pronunciado aumento da viscosidade; e a evaporação do solvente dessas soluções viscosas resulta na formação de filmes ou películas (RODRIGUEZ, 2009).

Os polímeros podem ser classificados de diversas formas, entre elas, em relação: à sua ocorrência, à sua estrutura, à natureza da sua cadeia, ao seu comportamento mecânico, à disposição espacial dos seus monómeros, à sua morfologia e ao tipo de reação que lhe deu origem (ALMEIDA e MAGALHÃES, 2004).

Em relação à sua ocorrência, os polímeros podem ser: naturais e sintéticos. Os naturais são aqueles que já existem normalmente na natureza. São exemplos destes polímeros, entre outros, a celulose, a borracha natural, o amido, as proteínas e os ácidos nucleicos. A maioria dos polímeros sintéticos são compostos orgânicos, produzidos pelo homem através da reação de polimerização de moléculas simples, dos quais são exemplos: o Nylon, o Dacron, o PVC, o vidro acrílico, o polietileno, etc. Os polímeros sintéticos são obtidos pela união de monómeros à molécula em crescimento, um de cada vez, no qual o monómero origina o polímero. A sua produção é feita através de um processo de polimerização, de modo a formarem-se as longas cadeias de moléculas orgânicas (ALMEIDA e MAGALHÃES, 2004).

2.3.1 Polivinilpirrolidona (PVP)

A polivinilpirrolidona (PVP), também chamada de polividona, é um homopolímero de N-vinil-2-pirrolidona obtido por polimerização via radicalar em água ou em álcool isopropílico, de natureza higroscópica e compatível com uma ampla faixa de resinas

hidrofílicas e hidrofóbicas. O polímero é um pó branco, amorfo de fluxo livre que se solubiliza em água e em solventes orgânicos, tendo a capacidade de formar complexos estáveis com polímeros e surfactantes. A grande frequência de aplicações do PVP e seus copolímeros na medicina e nas indústrias farmacêuticas ocorrem devido a essas propriedades do PVP (DOS SANTOS, 2011).

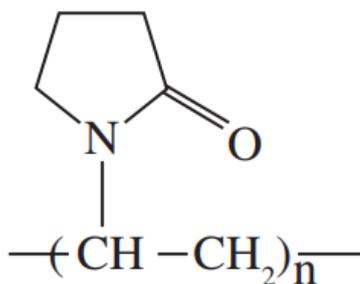
Como a maioria das moléculas poliméricas, a polivinilpirrolidona também é muito inerte em reações fisiológicas. Só é letal se ingerida em grande quantidade, por exemplo para o grau K30 é necessário mais de 100 g/kg. Não é irritante de pele ou olhos (DA SILVEIRA, 1993).

O PVP vem sendo usado por um grande número de aplicações biomédicas devido às suas propriedades notáveis como alto grau de hidrofiliidade, alta capacidade de complexação, biocompatibilidade e etc.. Além disso, o PVP é um material altamente lubrificante (DOS SANTOS, 2011).

As qualidades adesivas são utilizadas para formular adesivos e soluções litográficas. Como colóide protetivo é utilizado em formulações de drogas, detergentes e em dispersões de pigmentos (DA SILVEIRA, 1993).

A Figura 1 ilustra a estrutura química do PVP.

Figura 1 – Estrutura química do PVP



Fonte: Dornelas, Resende, Tavares e Gomes (2014)

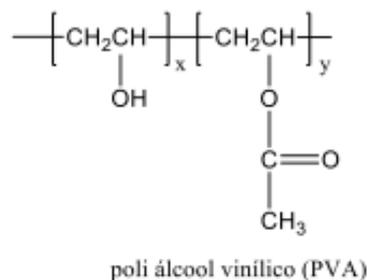
2.3.2 Álcool Polivinílico (PVA)

O poli (álcool vinílico) (PVA) é a resina sintética, solúvel em água, produzida em maior volume no mundo. Foi obtido pela primeira vez em 1924, por Herrman e Haehnel, pela

hidrólise do poli (acetato de vinila), que é a forma de obtenção comercial utilizada até hoje (ARANHA e LUCAS, 2001).

É também conhecido por álcool polivinílico possui uma estrutura química relativamente simples com grupos hidroxila pendentes. A polimerização direta do álcool vinílico não é possível devido à instabilidade do monômero, o qual se tautomeriza para a forma de acetaldeído. Portanto, o PVA é um polímero sintético obtido por meio da polimerização radicalar do monômero de acetato de vinila para poli acetato de vinila (PVAc), seguida pela hidrólise dos grupos acetato para produzir a cadeia polimérica hidroxilada, como ilustrado na Figura 2 (RASIA, 2014).

Figura 2 – Estrutura química do álcool polivinílico (PVA).



Fonte: Rasia (2014)

O PVA apresenta-se como pó branco-amarelado ou em grânulos translúcidos, solúvel em água, atóxico para os seres humanos, e biodegradável, sendo largamente utilizado na indústria como estabilizante, formador de filmes, adesivo e tensoativo não-iônico. Na área de biomédica, é utilizado na fabricação de lentes e no desenvolvimento de sistemas de liberação prolongada de fármacos e bio/nano-materiais. Na área cosmética, polímeros como o álcool polivinílico são utilizados como agentes de dispersão, agentes formadores de filme ou espessantes (VIEIRA, 2008).

A solubilidade em água, biodegradabilidade e biocompatibilidade fazem do PVA um dos polímeros sintéticos mais interessantes⁹⁹. A biodegradabilidade é um pré-requisito chave de precursores de hidrogéis para aplicações biomédicas (RASIA, 2014).

É um polímero sintético solúvel em água e com excelente capacidade de formação de filmes, poder emulsificador e adesivo e pode ser empregado também em indústrias de tintas, papel e materiais cerâmicos (TAVARES, 2013).

2.3.3 Polietilenoglicol (PEG)

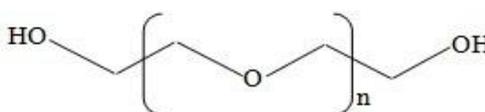
São denominados polietilenoglicol os polímeros com mais de três etilenos. Possuem uma apresentação que varia entre um líquido translúcido e flocos hidrossolúveis. Os polietilenoglicóis são solúveis em água, gordurosos e não volatizam. São empregados na indústria como lubrificantes, veículos medicamentosos, solventes, ligantes e insumos nas indústrias de borracha, cosméticos, agricultura, têxtil, papel, petróleo, alimento, farmacêutica, entre outras (PRADO, 2008).

O PEG é formado por repetidas subunidades de óxido de etileno, cujo número é representado por um número inteiro n . Cada resíduo de óxido de etileno possui massa molecular de 44 Da, sendo que $n \times 44$ Da representa o número médio da massa molecular da cadeia do PEG, e seus dois grupos hidroxil terminal podem ser quimicamente ativados. A massa molecular do PEG ativado, comumente utilizada para fins biomédicos e biotecnológicos, está entre 100 Da e 20.000 Da (PRADO, 2008).

O polietilenoglicol 400 foi utilizado como aditivo na preparação das amostras de géis deste trabalho, servindo como um ligante e promovendo uma melhor estabilização das amostras. Este PEG “possui a característica hidrófila da cadeia de polioxietileno da linha ATPEG permite a obtenção de um polímero higroscópico e altamente solúvel em água” (SABER QUÍMICA, 2019).

A Figura 3 ilustra a estrutura química do polietilenoglicol.

Figura 3 – Estrutura do polietilenoglicol.



Fonte: Brito, Silva, Oliveira, Semião, Bezerra, Ribeiro, Cavalcante, Trevisan e Ricardo (2012).

2.4 Cloreto de potássio

O cloreto de potássio (KCl) pode se apresentar em forma de cristais ou pó branco, sendo ele inodoro e de pH neutro. É uma fonte de cloro e potássio, onde sua composição é de 52% potássio e 48% cloro.

É um composto químico usado na indústria química, farmacêutica e alimentícia para diversos fins. No nosso organismo, é usado para suprir a deficiência de potássio e atuar em diversos papéis no sistema nervoso, na contração do músculo cardíaco, esquelético e liso, na produção de energia, na síntese de ácidos nucleicos, na manutenção da pressão arterial e na função renal. O cloreto de potássio também pode ser usado na indústria em metalúrgicas na soldagem e fundição de metais, por exemplo, onde atua como um agente de fluxo. Pode ser usado ainda como um agente descongelante para uso doméstico. (MUNDO BOA FORMA, 2019).

O cloreto de potássio trata-se de um eletrólito. “Substâncias que, em solução aquosa, aumentam a condutividade da água, são denominadas eletrólitos. Os eletrólitos são responsáveis pela condução de eletricidade em uma solução aquosa e essa condução é feita pelos íons formados” (DE OLIVEIRA, DA SILVA, TÓFANI, 2009).

Estes eletrólitos podem ser classificados em fortes ou fracos. Os eletrólitos fortes “são substâncias que se dissociam ou se ionizam totalmente em solução aquosa”, já os eletrólitos fracos “são substâncias que se ionizam parcialmente em solução aquosa” (DE OLIVEIRA, DA SILVA, TÓFANI, 2009). Desta forma o cloreto de potássio se caracteriza como um eletrólito forte.

Os géis produzidos neste trabalho tiveram o cloreto de potássio em sua composição como o sal condutor, formando assim soluções eletrolíticas. A função do KCl foi de possibilitar condutividade aos géis, onde “a condutividade de uma solução eletrolítica depende, naturalmente, da concentração da solução. Uma solução que não tenha nenhum íon não conduz eletricidade” (MARTÍNEZ, 2017).

Os condutores de corrente elétrica são iônicos ou eletrônicos. Nos condutores eletrônicos metálicos a corrente elétrica é transportada pelos elétrons que se deslocam entre as camadas de valências dos átomos. A aplicação de uma diferença de potencial entre dois eletrodos inertes imersos em uma solução iônica promove o deslocamento dos íons da solução. Nestas condições, a corrente elétrica é transportada por íons positivos e negativos. Esses íons, ao contrário dos elétrons, têm massa considerável e então, a passagem de corrente

elétrica é acompanhada por transporte significativo de matéria. (DO VAL, DOMINGUES E MATENCIO, 2019).

O cloreto de potássio comportou-se como um condutor iônico nas soluções dos géis preparadas.

3 METODOLOGIA

3.1 Preparações das amostras

Para preparação do gel adesivo com diferentes composições e concentrações poliméricas de (PVP, PVA e PVP/PVA) foi inicialmente preparado às soluções aquosas com PVP variando a concentração em 10%, 20% e 30% (m/v), da mesma forma para o PVA e o PVP/PVA sendo neste na proporção de 1:1. Em todas as composições e concentrações foram adicionados na mesma concentração valores fixos de 10% v/v para o polietilenoglicol 400 e de 5% m/v para o cloreto de potássio, conforme observado no fluxograma da Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de preparação dos géis.



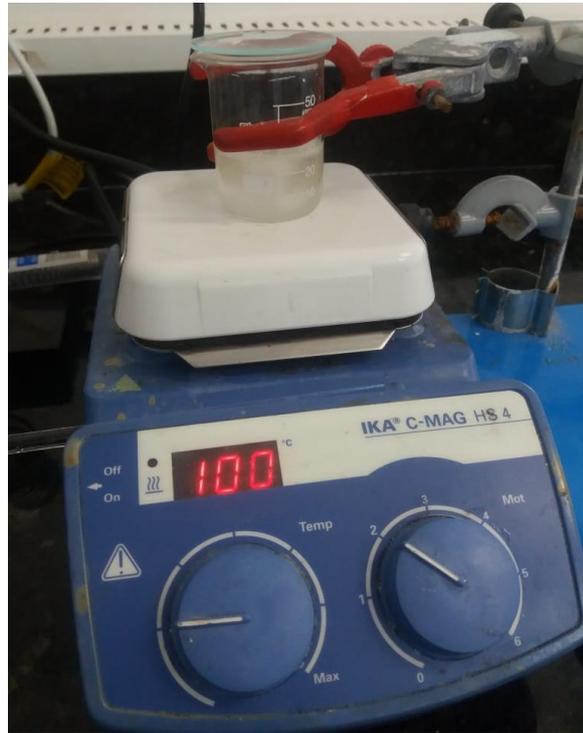
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Todos os cálculos das concentrações percentuais foram feitos em cima do volume de água destilada utilizada para cada amostra (20 mL).

As soluções de PVP e PVA foram preparadas sob agitação magnética a uma temperatura de 100°C e 120°C respectivamente, variando-se apenas o tempo que cada amostra ficou sob agitação, 20, 30 e 45 minutos, da menor para maior porcentagem de polímero respectivamente.

O polietilenoglicol (aditivo) e o cloreto de potássio (sal condutor) foram adicionados ainda sob agitação, a partir do instante em que observou-se a diluição do polímero na água (Figura 5).

Figura 5 – Preparação das amostras de gel.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Com relação às amostras da mistura PVP/PVA, foram preparadas sob agitação magnética a uma temperatura de 120°C, variando-se apenas o tempo que cada amostra ficou sob agitação, 25, 35 e 55 minutos, da menor para maior porcentagem de polímero respectivamente. O PVA foi o primeiro a ser adicionado em água por apresentar maior dificuldade de dissolução e se apresentar cristalizado. Em seguida foi adicionado o PVP. Assim como nas amostras apenas com PVP ou PVA, o polietilenoglicol e o cloreto de potássio foram adicionados ainda sob agitação, a partir do instante em que observou-se a diluição dos polímeros na água.

Ao final da preparação, cada amostra foi colocada em placas de petri e levadas a estufa a uma temperatura de 40° C durante 24 horas para obter uma melhor evaporação da água e conseqüentemente uma melhor formação do gel.

3.2 Caracterizações

3.2.1 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

O FTIR permite determinar a presença dos grupos funcionais nos materiais através do espectro vibracional e rotacional característicos dos mesmos denominados de bandas de absorção, correspondentes aos níveis de energia. A técnica permite identificar parâmetros como grupos terminais e ramificações de cadeias (PAVIA, et al., 2010)

As análises utilizando a técnica de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier das amostras de PVP, PVA e da mistura PVP/PVA, 10%, 20% e 30% foram realizadas em temperatura ambiente e o equipamento utilizado foi o Spectrum 400 da Perkin Elmer. A técnica FTIR foi utilizada para identificar as bandas características dos grupos funcionais das amostras, utilizando a faixa de varredura de 4000 a 600 cm^{-1} . As leituras foram realizadas diretamente nas amostras.

3.2.2 Microscopia Óptica (MO)

Para analisar a morfologia de superfície das amostras, assim como, a distribuição das partículas na matriz, fez-se uso da técnica de Microscopia Óptica, onde os géis de PVP, PVA e PVP/PVA à 10%, 20% e 30% foram submetidas à análise pelo método de iluminação por reflexão de luz visível. O equipamento utilizado para a obtenção das imagens foi o Microscópio Hirox de modelo KH-1300. O canhão acoplado a estação de captura de imagem foi o da série Mx sendo o Mx (G) – 2016Z, com aumento de 60X e 160X.

Foram utilizados dois tipos de lentes adaptadoras para essa análise, a lente AD – 2016S que permite, no modo de observação normal, uma magnificação de 20-160X e a lente AD-2016LOW, que na observação em modo de baixa ampliação, possibilita aumentos de 6-48X.

3.2.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

DSC é a técnica pela qual se mede a diferença de energia fornecida à substância e a um material de referência, termicamente inerte, em função da temperatura, enquanto a substância e a referência são submetidas a uma programação controlada de temperatura. A DSC é uma técnica derivada da DTA, por isso, são consideradas técnicas semelhantes e

complementares, pois, permitem avaliar as variações entálpicas que ocorrem com uma dada substância durante um processo de aquecimento ou resfriamento (CANEVAROLO JR., 2006; IONASHIRO, 2004).

As análises DSC das amostras de PVP, PVA e da mistura PVP/PVA, 10%, 20% e 30% foram realizadas em um equipamento DSC TA modelo Q20, com uma faixa de temperatura de 30 a 400 °C com razão de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de nitrogênio, com fluxo de 50 mL/min. Foi utilizada massa de $2,00 \pm 0,05$ mg acondicionada em cadinho de alumínio para cada amostra.

3.2.4 Condutividade Elétrica

A condutividade do material está relacionada com a quantidade de elétrons livres que ele pode apresentar, assim, quanto maior for à quantidade de elétrons livres, maior será sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Esses elétrons livres apresentam como características a facilidade de sair ou entrar em um átomo, e estão localizados na última ou na penúltima camada da eletrosfera (LIMA, FONSECA, BRAZ E CUNHA, 2018).

No caso dos géis preparados, utilizou-se o cloreto de potássio como responsável para dar condutividade as amostras, portanto, as condutividades dos géis estarão relacionadas com a quantidade de carga iônica (íons livres) disponível para conduzir uma corrente elétrica.

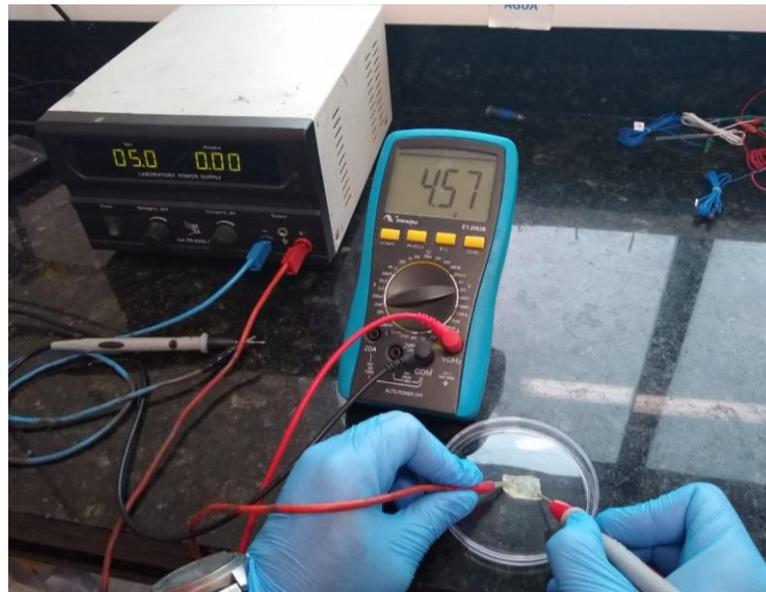
Os valores de condutividade elétrica de cada amostra de gel foram calculados a partir dos valores encontrados de resistência elétrica, resistividade, área e comprimento do gel. A resistência elétrica dos géis (comercial e produzidos no laboratório) e a tensão aplicada neles a partir de uma fonte, foram verificadas através de um multímetro digital sendo analisado uma amostra de área 2 cm x 1,5 cm como mostram Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Medição da resistência.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 7 – Medição da tensão.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

3.2.5 Adesividade

O termo adesão pode se referir às forças moleculares atuantes em uma superfície ou à energia necessária para romper uma junta adesiva, e a adesão entre dois substratos é resultado de fenômenos químicos e físicos, além de função da reologia do meio e das propriedades geométricas dos substratos (VASCO e TAMBANI, 2012).

Um adesivo deve fazer duas coisas quando aplicado às superfícies, primeiro deve molhá-la, se espalhando e, a segunda é fazendo um ângulo de contato próximo a zero, e quando endurecido, possuir uma coesividade forte como um sólido. Quando há o contato íntimo com o material, forças de van der Waals são formadas, assim como outras ligações intermoleculares também podem ser formadas no processo de endurecimento do adesivo. (PINEDA, 2014)

Os géis produzidos foram analisados quanto à adesividade de acordo com a aderência dos géis na pele e em outras superfícies.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preparações das amostras

As Figuras 8, 9 e 10 ilustram as amostras contendo gel a base de PVP, de PVA e a mistura dos dois polímeros.

Figura 8 – Placas de petri contendo o gel a base de PVP (10%, 20% e 30%, respectivamente da esquerda para a direita)



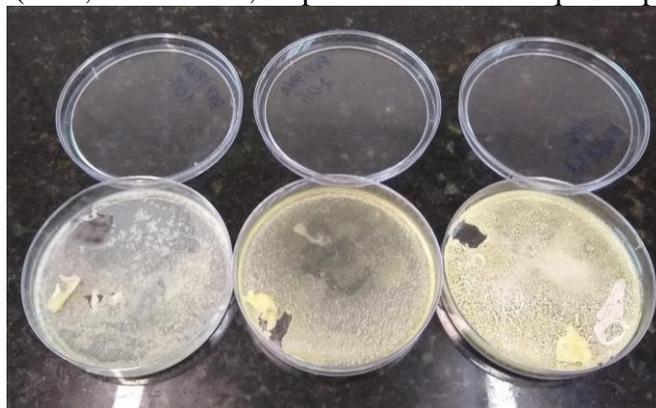
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 9 – Placas de petri contendo o gel a base de PVA (10%, 20% e 30%, respectivamente da esquerda para direita)



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 10 - Placas de petri contendo o gel a base da mistura PVP/PVA (10%, 20% e 30%, respectivamente da esquerda para a direita).



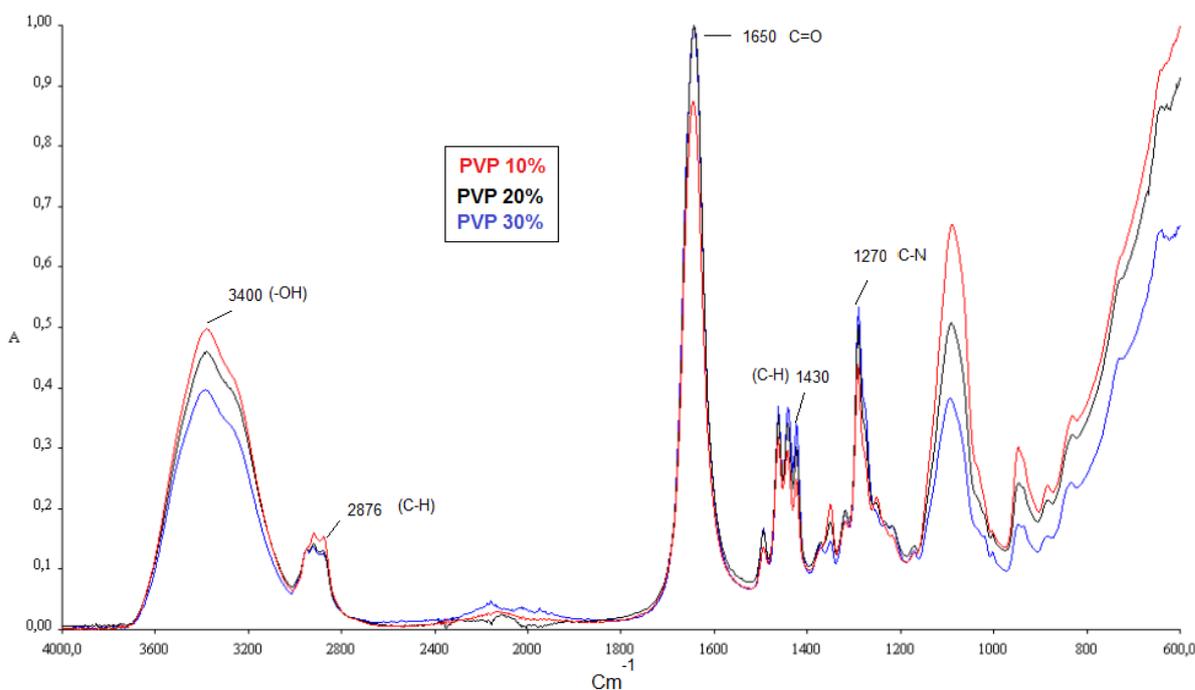
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Através das Figuras 8, 9 e 10 observa-se que as amostras de PVP apresentaram aparência de gel, uma vez que as de PVA formaram filmes poliméricos e a mistura dos dois polímeros não foi homogênea, demonstrando que não ocorreu uma boa dissolução.

4.1 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

As Figuras 11, 12 e 13 ilustram os espectros do PVP, PVA e da mistura PVP/PVA nas diferentes concentrações.

Figura 11 – Espectro de FTIR do PVP com 10%, 20% e 30% de concentração.

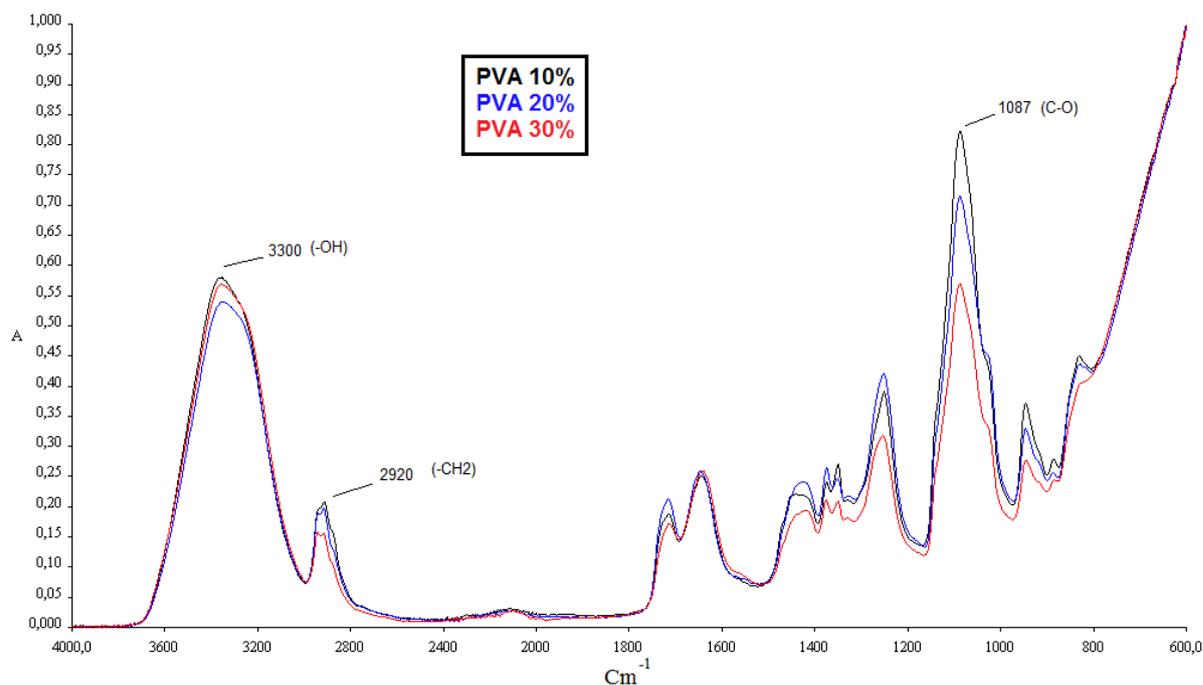


Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os espectros de infravermelho obtidos para PVP indicam a presença de bandas típicas do polímero (em torno de: 3400 cm^{-1} atribuída ao estiramento -OH, 1270 cm^{-1} atribuída ao estiramento C-N, 1650 cm^{-1} atribuída ao estiramento C=O, 1430 e 2876 cm^{-1} atribuída ao estiramento C-H). Em algumas curvas do gráfico observa-se um decréscimo das intensidades das bandas com o aumento da concentração do polímero, enquanto que em outras a intensidade não demonstra este mesmo comportamento de acordo com a concentração. Isso já era esperado uma vez que houve interação do mesmo com os reagentes. Portanto o aumento da concentração de polímero na amostra influencia diretamente na diminuição de intensidade

de banda de alguns grupos funcionais enquanto que em outros não, devido as diferentes interações que ocorrem entre o polímero e os reagentes durante o processo de produção dos géis.

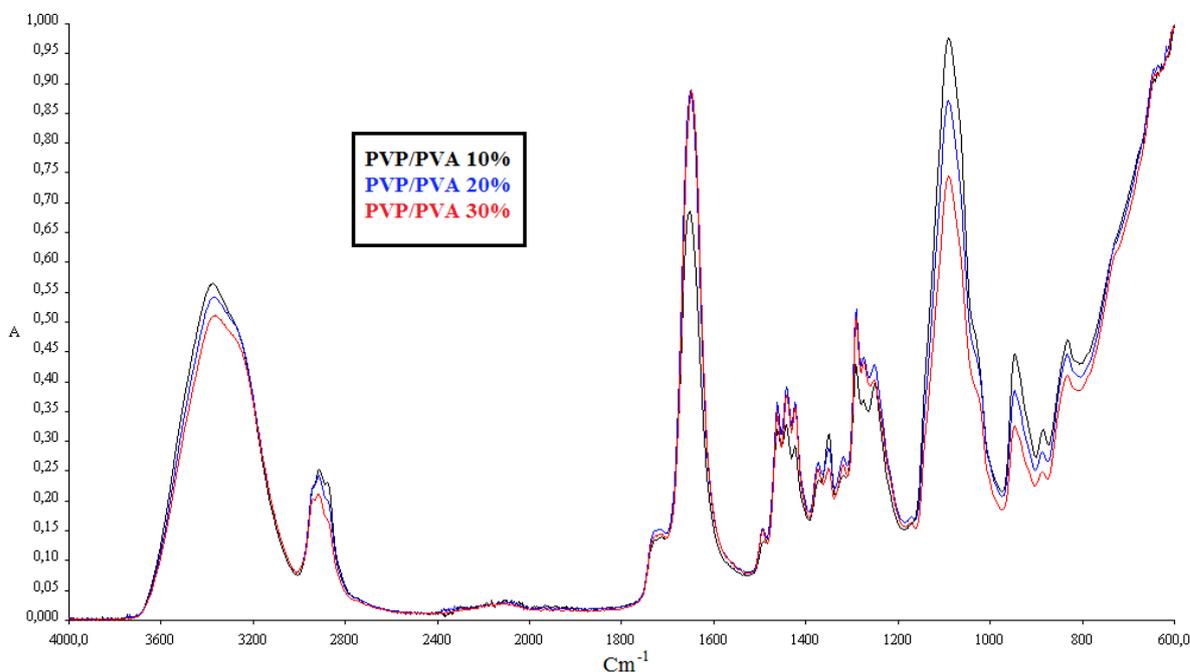
Figura 12 – Espectro de FTIR do PVA com 10%, 20% e 30% de concentração.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os espectros de infravermelho obtidos para PVA indicam a presença de bandas típicas do polímero (em torno de: 3300 cm^{-1} atribuída ao estiramento -OH, 2920 cm^{-1} atribuída ao estiramento -CH₂, 1087 cm^{-1} atribuída ao estiramento C-O). Em algumas curvas do gráfico observa-se um decréscimo das intensidades das bandas com o aumento da concentração do polímero, enquanto que em outras a intensidade não demonstra este mesmo comportamento de acordo com a concentração. Isso já era esperado uma vez que houve interação do mesmo com os reagentes. Portanto o aumento da concentração de polímero na amostra influencia diretamente na diminuição de intensidade de banda de alguns grupos funcionais enquanto que em outros não, devido as diferentes interações que ocorrem entre o polímero e os reagentes durante o processo de produção dos géis.

Figura 13 – Espectro de FTIR da mistura PVP/PVA com 10%, 20% e 30% de concentração.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os espectros de infravermelho obtidos para as amostras das misturas PVP/PVA indicam a presença de bandas típicas dos dois polímeros. Em algumas curvas do gráfico observa-se um decréscimo das intensidades das bandas com o aumento da concentração do polímero, enquanto que em outras a intensidade não demonstra este mesmo comportamento de acordo com a concentração. Isso já era esperado uma vez que houve interação do mesmo com os reagentes. Portanto o aumento da concentração de polímero na amostra influencia diretamente na diminuição de intensidade de banda de alguns grupos funcionais enquanto que em outros não, devido as diferentes interações que ocorrem entre o polímero e os reagentes durante o processo de produção dos géis.

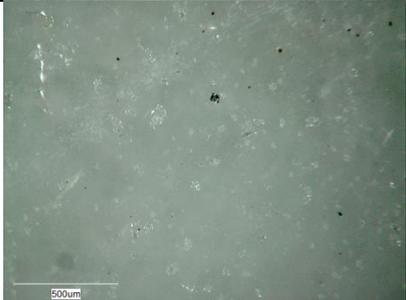
4.2 Microscopia Ótica (MO)

A Tabela 1 ilustra as micrografias das amostras dos géis a base de PVP, com uma magnificação de 60X e 160X.

Como pode-se observar na Tabela 1 as amostras de gel a base de PVP demonstraram uma melhor aparência de superfície se comparadas com as amostras de PVA e da mistura.

Isto significa que ocorreu uma melhor dissolução nas amostras de gel a base de PVP e consequentemente uma melhor distribuição das partículas nessas amostras. Dentre elas a amostra de PVP 10% foi a que apresentou uma melhor aparência, homogeneidade e maior dissolução do polímero.

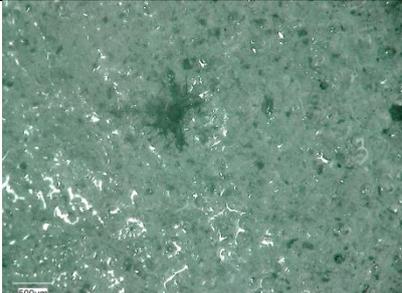
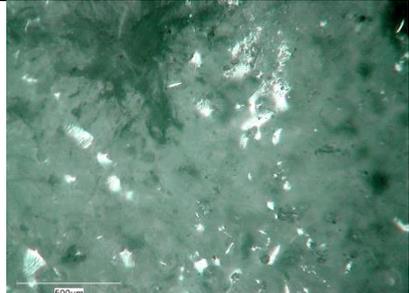
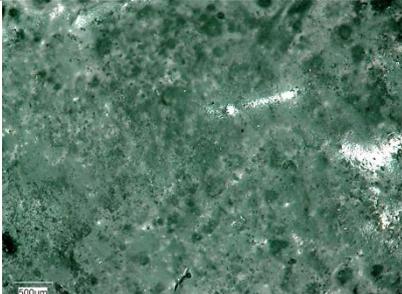
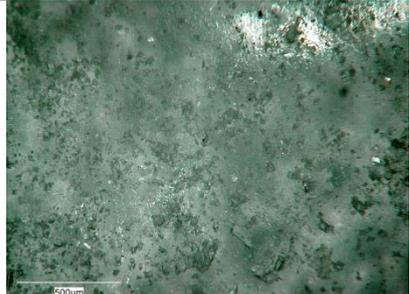
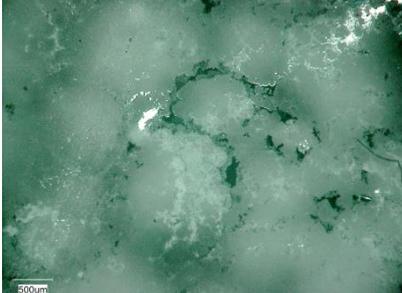
Tabela 1 – Micrografias das amostras de PVP.

AMOSTRAS	60 X	160 X
PVP 10%		
PVP 20%		
PVP 30%		

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

A Tabela 2 ilustra as micrografias das amostras dos géis a base de PVA, com um aumento de 60X e 160X.

Tabela 2 – Micrografias das amostras de PVA.

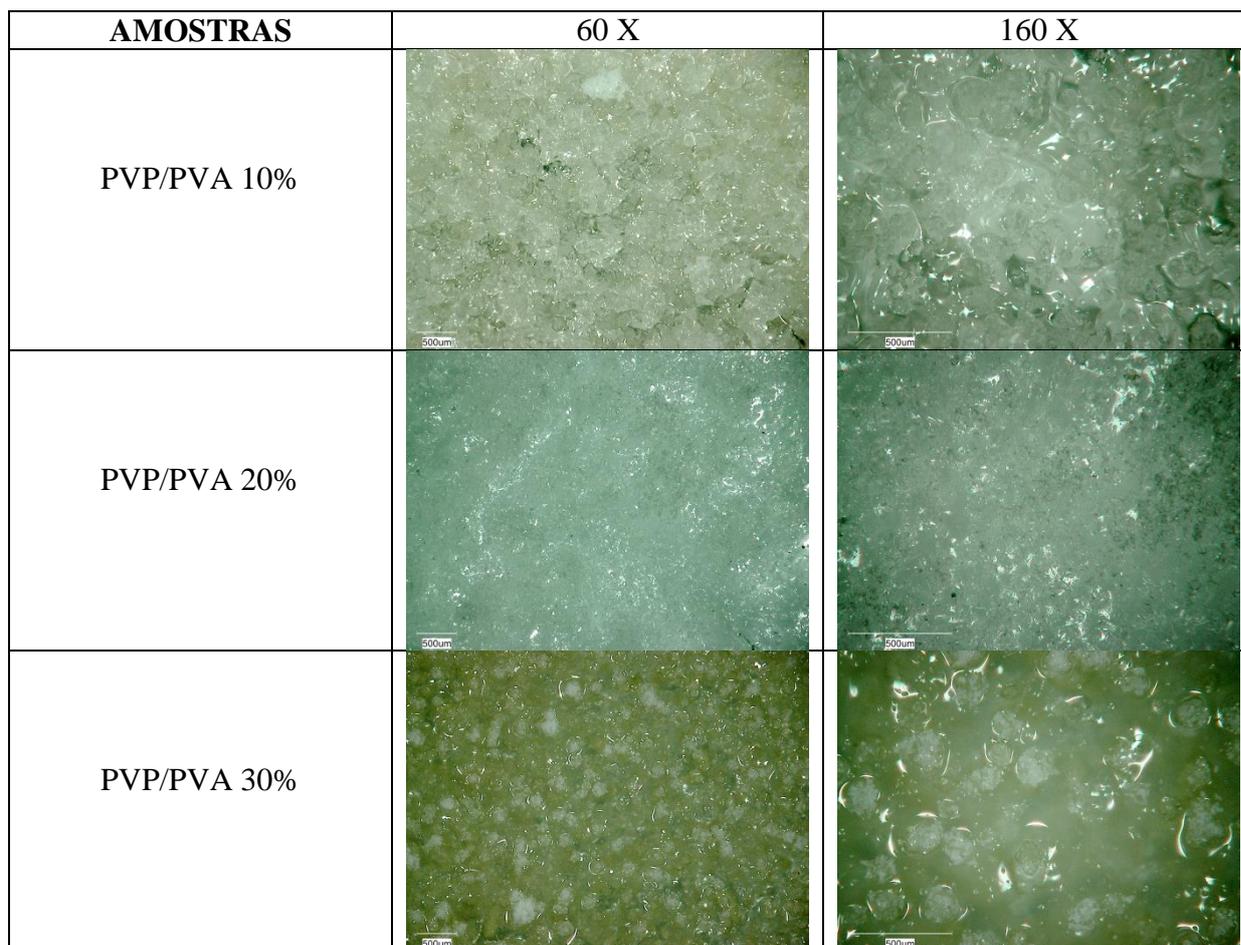
AMOSTRAS	60 X	160 X
PVA 10%		
PVA 20%		
PVA 30%		

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Como pode-se observar na Tabela 2 as amostras de gel a base de PVA possuíram uma dissolução menor na preparação da amostra, significando em uma menor distribuição das partículas nessas amostras. Dentre elas a amostra de PVA 10% foi a que apresentou uma melhor dissolução do polímero, porém a morfologia da superfície não foi satisfatória.

A Tabela 3 ilustra as micrografias das amostras dos géis da mistura de PVP/PVA, com um aumento de 60X e 160X.

Na Tabela 3 as amostras de gel da mistura PVP/PVA foram as que apresentaram a pior morfologia da superfície, apresentando uma pior aparência e uniformidade. Por se tratar de uma mistura entre dois polímeros à dificuldade para total dissolução é maior, uma vez que as interações entre os polímeros e os reagentes serão mais difíceis.

Tabela 3 – Micrografias das amostras de PVP/PVA.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.3 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

A tabela 4 mostra todos os resultados de DSC obtidos das amostras.

Tabela 4 – Resultados do DSC das amostras

AMOSTRAS	Temperatura de Transição Vítrea (T _g) (°C)	Temperatura de Degradação (°C)
PVP 10%	130,47	387,65
PVP 20%	142,25	389,50
PVP 30%	135,60	388,70
PVA 10%	137,98	332,36
PVA 20%	176,00	337,50
PVA 30%	152,09	339,98

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Os resultados obtidos de DSC indicam a temperatura em que o gel começa a passar da fase sólida para líquida, porém a amostra não estaria na sua fase líquida e sim no seu estado mais gelatinoso. As temperaturas não apresentam nenhuma correlação ou dependência com a concentração da amostra, no entanto, as amostras de PVP apresentaram temperaturas de transição e degradação aproximadas. Esta aproximação de temperatura pode significar que os comportamentos térmicos dessas amostras se assemelham.

4.4 Condutividade Elétrica

Na Tabela 5 seguem todos os resultados obtidos das medições de resistência e tensão elétrica, e os valores calculados para resistividade e condutividade elétrica dos géis produzidos e do comercial.

Por meio de uma fonte aplicou-se uma tensão elétrica sobre as amostras, as quais foram medidas com a finalidade de observar a perda de tensão em cada amostra de gel. A verificação da perda de tensão de cada amostra foi possível mediante comparação com a tensão da fonte (5,29V).

Com os valores de resistências medidas e com o comprimento e área das amostras cortadas dos géis (2 cm x 1,5 cm) calculou-se a condutividade elétrica destes, a fim de, comparação entre eles e com o gel comercial.

Como pode-se observar na tabela 5 os géis com um comportamento melhor foram os de PVP, os quais apresentaram uma melhor condutividade elétrica em relação aos géis de PVA e da mistura PVP/PVA, sendo o de PVP 10% o que mais se aproximou da condutividade elétrica do gel comercial.

Esta diferença de condutividade dentre as amostras ocorre devido o aumento da concentração e conseqüentemente da resistência elétrica. Quanto maior a concentração do gel menor será a quantidade de íons livres na amostra, ou seja, a condução de pulsos elétricos pelo material é dificultada e menor.

Tabela 5 – Resultados da resistência, tensão, resistividade e condutividade.

Géis Adesivos/Condutores	Resistência Elétrica (MΩ)	Resistividade Elétrica $\rho=(\Omega.m)$	Condutividade Elétrica ($\sigma=1/\rho$) ($\Omega.m^{-1}$)	Tensão (V)
Comercial	0,340	5100	1,96E-4	5,18
PVP 10%	0,380	5700	1,75E-4	5,04
PVP 20%	0,520	7800	1,28E-4	4,83
PVP 30%	0,827	12405	8,06E-5	4,57
PVA 10%	1,3	19500	5,13E-5	4,45
PVA 20%	1,7	25500	3,92E-5	4,01
PVA 30%	3,2	48000	2,08E-5	3,45
PVP / PVA 10%	0,640	9600	1,04E-4	4,70
PVP / PVA 20%	0,900	13500	7,41E-5	4,55
PVP / PVA 30%	1,5	22500	4,44E-5	4,35
				Fonte: 5,29

Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4.5 Adesividade

Por meio de uma análise imediata apenas com o toque nas amostras e aderência delas na pele e em outras superfícies, percebeu-se que as que continham PVA em sua composição não apresentaram nenhuma adesividade, enquanto que as amostras a base apenas de PVP apresentaram. Dentre as amostras de PVP a que apresentou uma melhor adesividade neste teste foi à de PVP 10%, porém esta adesividade ainda não é adequada para o uso em eletrodos de superfície, pois se apresentou maior do que a do eletrodo comercial.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos das amostras de géis produzidas a base de polivinilpirrolidona (PVP) e álcool polivinílico (PVA), pode-se concluir:

- A análise de FTIR confirmou a presença já esperada dos grupos funcionais dos polímeros usados na produção dos géis, sendo identificados por meios das bandas típicas dos grupos.
- O gel de PVP 10% apresentou a melhor morfologia de superfície e consequentemente uma melhor distribuição das partículas e dissolução do polímero, em relação as outras amostras.
- A temperatura de transição e degradação das amostras de PVP são as que mais se aproximam das temperaturas do PVP bruto, indicando assim um comportamento térmico semelhante.
- A amostra que apresentou uma melhor condutividade elétrica foi a de PVP 10%, visto que os resultados obtidos para esta foram os que mais se aproximaram dos resultados do gel comercial.
- As amostras apenas com PVP foram às únicas que apresentaram um grau de adesividade. Dentre elas a de PVP 10% foi a que se comportou melhor na análise imediata executada por meio da aderência em superfícies, porém não apresentou uma adesividade adequada para uso em eletrodos de superfície.
- Ao longo dos estudos, se obteve sucesso nas análises realizadas ressaltando que necessita-se fazer melhorias quanto a análise da adesividade utilizando materiais mais adequados para a realização dos testes a fim de se obter resultados mais conclusivos.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, L., GUILHERME, SILVA, R.A. **Estudos de Sistemas Eletrólitos Poliméricos Para a Obtenção de Célula Eletroquímica de Emissão de Luz (LEC)**. Instituto de física - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2015.
- ALMEIDA, P. M. M. C., MAGALHÃES, V. H. S. **Polímeros**. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2009.
- ARANHA, I. B., LUCAS, E. F. **Poli (álcool vinílico) modificado com cadeias hidrocarbônicas: avaliação do balanço hidrófilo/lipófilo**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v.11, n.4, p.174-181, 2001.
- BRITO, D. H. A., SILVA, R. F., OLIVEIRA, C. P., SEMIÃO, L. M., BEZERRA, F. W. A., RIBEIRO, M. E. N. P., CAVALCANTE, I. M., TREVISAN, M. T. S., RICARDO, N. M. P. S. **Influência do Polietilenoglicol (Peg400, Peg 6k e Peg 35k) na Solubilização da Mangiferina em Soluções Aquosas de Pluronic F127®**. Depto. de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2012.
- CANEVAROLO JR., S. V. **Técnicas de Caracterização: Ciência dos Polímeros**. 2ª ed. São Paulo: ARTLIBER, 2006.
- DA SILVEIRA, B. I. **HIDROGÉIS DE POLIVINILPIRROLIDONA - Síntese, Caracterização e Difusão**. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Campinas, São Paulo, 1993.
- DE OLIVEIRA, I. M. F., DA SILVA, M. J. S. F., TÓFANI, S. F. B. **Aula 1 - A Química Analítica**. Universidade Federal de Minas Gerais – ICEX - Departamento de Química Fundamentos de Química Analítica, 2009.
- DE SOUZA, J. P. G., KRIZAN J., COSTA, G. M., FERMOSELI, A. F. O. **Interface Cérebro – Máquina (Icm): Da Transdução Do Estímulo Externo Em Impulso Nervoso A Tradução Em Comandos Digitais**. *Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 3, n.1, p. 139-152, Novembro 2015.
- DORNELAS, C. B., RESENDE, D. K., TAVARES, M. I. B., GOMES, A. S. **Preparação e Avaliação Reacional de Nanocompósitos de PVP K-30 – Montmorilonita (Natural e Organicamente Modificada) por Difração de Raios X**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, nº 2, p. 187-192, 2008.
- DOS SANTOS, F. H. **Caracterização de Polivinilálcool e Polivinilpirrolidona (PVAI/PVP) Para Reparo de Cartilagem Articular Mandibular**. Tese de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.
- DO VAL, A. M. G., DOMINGUES, R. Z., MATENCIO, T. **Unidade V - Condutividade elétrica em soluções iônicas**. Curso de Química, Modalidade Ensino a Distância, UFMG. Disponível em: <http://www.ufjf.br/quimicaead/files/2013/09/FQ_II_Condutividade.pdf>. Acesso em: 18 de Junho de 2019.

FORTI, F. **Análise do Sinal Eletromiográfico em Diferentes Posicionamentos, Tipos de Eletrodos, Ângulos Articulares e Intensidades de Contração.** Dissertação de Mestrado em Fisioterapia - Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2005.

GARDNER E.P., KANDEL E.R. **Touch.** Em: Kandel ER, Schuwarts JH, Jessel TM. **Principles of Neural Science.** New York: McGraw-Hill; 2000a. p. 430-450.

GARDNER E.P., MARTIN J.H., JESSELL T.M. **The Bodily Senses.** Em: Kandel ER, Schuwarts JH, Jessel TM. **Principles of Neural Science.** New York: McGraw-Hill; 2000b. p. 451-472.

IONASHIRO, M. **Giolito Fundamentos de Termogravimetria a Análise Térmica Diferencial/Calorimetria Exploratória Diferencial.** 2ª ed. Araraquara: Esper, 2004.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios: conceitos fundamentais da neurociência.** 2ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LIMA, P. H. C., FONSECA, D. F., BRAZ, C. J. F., CUNHA, C. T. C. **Polímeros Condutores com Propriedades Eletrocromáticas: Uma Revisão.** Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 13, n. 1 (2018) 1-17.

MARCHETTI, P. H., DUARTE, M. **Instrumentação em Eletromiografia.** Laboratório de Biofísica, Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2006.

MARTÍNEZ, L. **Condutividade de Soluções Iônicas.** Instituto de Química – UNICAMP, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://leandro.iqm.unicamp.br/leandro/shtml/didatico.shtml>>. Acesso em: 18 de Junho de 2019.

PAVIA, D. L. et al. Espectroscopia no Infravermelho. **Introdução à Espectroscopia.** 4ª ed. Norte-Americana: Cengage Learning, 2010.

PINEDA, A. F. E. **Propriedades Mecânicas, Adesivas e Adsorção de Água de Polímeros Epoxídicos.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2014.

PRADO, S. M. A. **Aplicabilidade do Antígeno Tetânico Conjugado com Derivados do Monometoxi-polietilenoglicol.** Tese de Doutorado em Biotecnologia - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RAMÍREZ, E. **O que é Engenharia Biomédica?.** Engenharia Biomédica. Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ernesto/2ele048/engbio.pdf>>. Acesso em: 18 de Junho de 2019.

RASIA, G. M. **Síntese e Funcionalização de Hidrogéis de Poli (Álcool Vinílico).** Dissertação de Mestrado, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

RODRIGUEZ, J. C. A. **Preparação e Caracterização de Filmes de Polivinilpirrolidona/Ácidos e de Blendas de Polivinilpirrolidona/Poli(4-Vinilpiridina)/Ácido.** Relatório de Estágio Supervisionado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SABER QUÍMICA. **Polietilenoglicol 400**. Disponível em:
<<http://www.saberquimica.com.br/produtos-saber-quimica/65-polietilenoglicol-400.html>>.
Acesso em: 18 de Junho de 2019.

SOUZA, M. F. B. **Eletrodos Quimicamente Modificados Aplicados à Eletroanálise: Uma Breve Abordagem**. Faculdade de Engenharia Mecânica - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1996.

TAVARES, M. A. **Amido, Álcool Polivinílico e Ácidos Carboxílicos na Produção de Biofilmes**. Trabalho de Conclusão de Curso, Apucarana: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

VASCO, M. C., TAMBANI, V. X. F. **Avaliação da Adesividade de Poliuretana Derivada de Óleo de Mamona em Superfície Metálica por Indentação Instrumentada**. Trabalho de Conclusão de Curso, Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

VIEIRA, R. P. **Desenvolvimento e Estudo de Eficácia Clínica por Métodos Instrumentais de Bases de Uso Tópico Contendo Extrato de Soja Fermentado**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal São Paulo, São Paulo, 2008.