



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

FRANCISCO WELIO FIRMINO DA SILVA JUNIOR

**SISTEMA KAPPA-CARRAGENA/POLIFOSFATO RETICULADO POR
BENTONITA PARA FERTILIZAÇÃO INTELIGENTE**

**CAMPINA GRANDE
2019**

FRANCISCO WELIO FIRMINO DA SILVA JUNIOR

**SISTEMA KAPPA-CARRAGENA/POLIFOSFATO RETICULADO POR
BENTONITA PARA FERTILIZAÇÃO INTELIGENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso Licenciatura em química da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Química.

Área de concentração: Físico-Química

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo José de Oliveira.

**CAMPINA GRANDE
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.

S586s Silva Junior, Francisco Welio Firmino da.
Sistema Kappa-Carragena/Polifosfato reticulado por Bentonita para fertilização inteligente [manuscrito] / Francisco Welio Firmino da Silva Junior. - 2019.
23 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.
"Orientação : Prof. Dr. Rodrigo José de Oliveira , Departamento de Química - CCT."
1. Carragena. 2. Argilominerais. 3. Fertilização. I. Título
21. ed. CDD 540

FRANCISCO WELIO FIRMINO DA SILVA JUNIOR

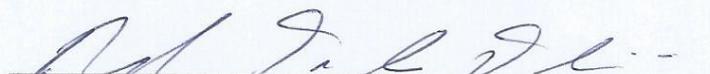
SISTEMA KAPPA-CARRAGENA/POLIFOSFATO RETICULADO POR
BENTONITA PARA FERTILIZAÇÃO INTELIGENTE

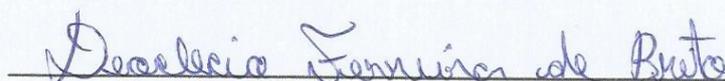
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do
Curso Licenciatura em química da
Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do
título de Graduado em Licenciatura
em Química.

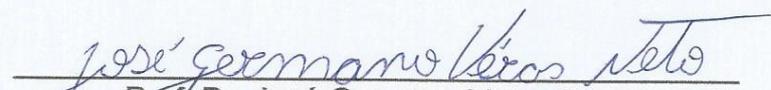
Área de concentração: Físico-
Química.

Aprovada em: 19/06/2019.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Rodrigo José de Oliveira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Deoclécio Ferreira de Brito
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. José Germano Veras Neto
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus familiares e entes queridos, por
todo o apoio e carinho, DEDICO.

“Nossa maior fraqueza está em desistir.
O caminho mais certo de vencer é tentar
mais uma vez” .
Thomas Edison

LISTA DE FIGURA

Figura 1	Fórmula estrutural da κ -Carragena	12
Figura 2	Fórmula estrutural da ι -Carragena.....	12
Figura 3	Fórmula estrutural da λ -Carragena.....	13
Figura 4	Estrutura de dupla hélice.....	13
Figura 5	Estrutura de hélice.....	13
Figura 6	Representação das conformações da carragena em solução.....	14
Figura 7	Estrutura da montmorillonita.....	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Soluções de κ -carragena.....	16
Gráfico 1	Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana 0,5% e 1,0% de $[\kappa\text{-C}]$	16
Gráfico 2	Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana 0,5% e 1,0% de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$	17
Gráfico 3	Zim vs frequência 24h e 1 semana de 1,0% de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$	17
Gráfico 4	Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana relacionando o K^+ e o polifosfato.....	18
Gráfico 5	(A) Condutividade sistemas $[\text{K-C}]/\text{K}^+$ 24h e condutividade sistemas $[\text{K-C}]/\text{K}^+$ 1 semana; (B) Condutividade sistemas $[\text{K-C}]\text{K}^+$ /polifosfato 24h e Condutividade sistemas $[\text{K-C}]\text{K}^+$ /polifosfato 1 semana.....	18
Tabela 2	Sistema κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

[K-C] ou KCar	Kappa-Carragena
K ⁺ ou K	Potássio
PP	Polifosfato
EPG	Eletrólito de polímero gelificado

LISTA DE SÍMBOLOS

κ	Kappa
λ	Lambda
ι	Iota
σ''	Condutividade imaginária (S/cm)
Z''	Impedância imaginária (Ohm)
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	11
2.2 Objetivos Gerais	11
2.3 Objetivos Específicos	12
3.3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Carragena	12
3.1.1 Propriedades dielétrica da κ-carragena	14
3.2 Argilominerais	14
4 METODOLOGIA	15
4.1 Preparo de soluções de κ-Carragena	15
4.2 Medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5.1 Soluções de κ-Carragena	16
5.2 Espectroscopia de impedância eletroquímica	16
5.3 Sistema κ-Carragena/polifosfato reticulado por bentonita	19
6 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	20

SISTEMA KAPPA-CARRAGENA/POLIFOSFATO RETICULADO POR BENTONITA PARA FERTILIZAÇÃO INTELIGENTE

KAPPA-CARRAGEENAN/POLYPHOSPHATE RETICULATED BY BENTONITE TO SMART FERTILIZATION

Autor Francisco Welio Firmino da Silva Junior

RESUMO

O desenvolvimento antrópico trouxe em conjunto a agricultura, uma das atividades mais antigas feita pelos seres humanos que cresce até os dias atuais. Com o passar do tempo a quantidade e qualidade dos alimentos produzidos pela agricultura, precisaram melhorar, assim, fertilizantes que sejam capazes de manter a demanda nutricional da planta vem sendo alvo de pesquisas. Os fertilizantes são compostos orgânicos, inorgânicos ou híbridos, que são capazes de fornecer nutrientes para as plantas. O uso destes compostos enriquece a terra de nutrientes, que por sua vez em excesso, não serão absorvidos pela a planta, ficando depositados na terra ou sendo levados para mananciais por fatores externos, causando problemas como a eutrofização. As argilas vêm sendo estudada devido a sua capacidade de trocar íons com o meio no qual se encontra, o que pode ajudar no combate a contaminação do solo e fornecimento de compostos que alimentem a planta. Utilizando a κ -Carragena para formar um gel que irá unir os compostos, Bentonita sódica, Hexametapolifosfato de sódio, Cloreto de Potássio. Fazendo medidas de impedância dos géis para avaliar as zonas de relaxação dielétrica e suas medidas de condutividade, para auxílio nas trocas iônicas e transporte de cargas no sistema.

Palavras-chave: κ -carragena. Contra íons. Sol-Gel. Sistema aprisionado.

ABSTRACT

Anthropic development brought together agriculture, one of the earliest activities made by humans that grows to the present day. With the passage of time the quantity and quality of the food produced by agriculture, they needed to improve, so fertilizers that are able to maintain the nutritional demand of the plant has been the subject of research. Fertilizers are organic, inorganic or hybrid compounds, which are able to provide nutrients to plants. The use of these compounds enriches the soil nutrients, which in turn in excess, will not be absorbed by the plant, getting deposited in the earth or being brought to springs by external factors, causing problems such as eutrophication. Clays have been studied because of their ability to exchange ions with the environment in which they are, which can help in combating soil contamination and supplying compounds that feed the plant. Using κ -Carrageenan to form a gel that will bind the compounds, Bentonite Sodium, Hexameta Polyphosphate Sodium, Potassium Chloride. Making measurements of impedance of the gels to evaluate the areas of dielectric relaxation and their conductivity measurements, to aid in ionic exchanges and transport of charges in the system.

Keywords: κ -carrageenan. Counter ions. Sol-Gel. Trapped system.

1 INTRODUÇÃO

O avanço populacional faz com que a demanda alimentar cresça bastante, deste modo que existe uma necessidade de melhorar a agricultura, resultando em um maior uso de fertilizantes por uma parcela da população, assim gerando contaminantes no solo. Os excessos de fertilizantes usados para suprir a grande busca alimentar, podem não suprir a demanda nutricional da planta por falta de micro e macronutrientes fundamentais as plantas, ou que sejam quantidades mais que necessárias, deixando nutrientes em excesso no solo (ALBELDA et al. 2012). As plantações tornaram-se algo extremamente rentável e necessário, já que são grandes fornecedores de alimentos para o mundo desde setores residenciais até industriais. As áreas destinadas a plantação no mundo aumentaram consideravelmente. Esse aumento na agricultura, traz também preocupações a respeito do ambiente, biodiversidade, contaminantes no solo, ar, água, alimentos, nos últimos 70 anos, a agricultura teve um apoio muito grande das pesquisas científicas, que forneceram combustíveis, fertilizantes e outros compostos industriais (SAFLEY, 1998).

Para combater o avanço da contaminação ao meio ambiente, os fertilizantes inteligentes vêm sendo estudados para promover o controle do plantio, liberação e evitando o desperdício de nutrientes que são carregados pelas águas de irrigação até bacias hidrográficas. A população tivera um aumento, e assim promove uma necessidade desenvolver materiais que atuem com um alto desempenho no ambiente, assim, torna-se necessário o desenvolvimento de materiais (FERREIRA, 2014). As pesquisas a respeito do combate a contaminação apresentam um crescimento ao redor do mundo, um dos materiais estudados são os argilominerais que tem propriedades adsorventes e que podem amenizar a contaminação derivada de fertilizantes através de trocas iônicas ou outras interações (FERREIRA, 2014).

A carragena é um polissacarídeo extraído de algas marinha vermelhas (*Rhodophyceae*) formado por partes unitárias de um dissacarídeo. Este composto é capaz de formar géis termorreversíveis em soluções de água quente e na presença de cátions monovalentes e bivalentes (MANGIONE et al., 2004). Ao relacionar a argila com os géis formado de carragena, é possível haver a formação de um gel que será de fácil decomposição e natural que sejam capazes de nutrir a planta.

O estudo do comportamento dielétrico de um polímero torna-se importante para o estudo, visto que muitas interações da bentonita com o meio são feitas por trocas iônicas, assim é vantajoso saber a condutividade do material, caso a condutividade tenha valores próximos a (10^{-2} até 10^{-3} S/cm) são valores considerados bons para um eletrólitos de polímero gelificado (PALMA et al., 2017). Estes valores podem ser afetados por vários fatores. A condutividade de um polímero é bastante afetada por fatores como, a cristalização do material, movimento de cátions e ânions concomitantemente e por formação de pares iônicos. As argilas reduzem a mobilidade dos cátions, assim reduzindo a mobilidade dos ânions, agindo como uma fase estacionária, impedindo o deslocamento dos ânions (PRADHAN, 2008).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita.

2.2 Objetivos específicos

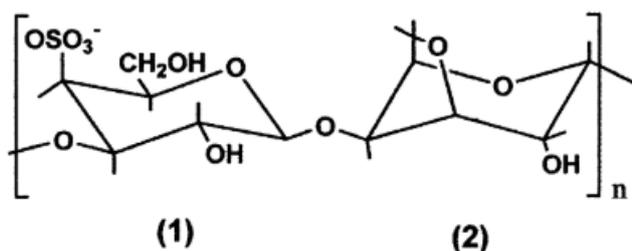
- Estudar os efeitos de diferentes concentrações
- Desenvolver um sistema sol-gel κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita com diferentes concentrações de polifosfato.
- Fazer estudos de espectroscopia de relaxação dielétrica dos géis.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Carragena

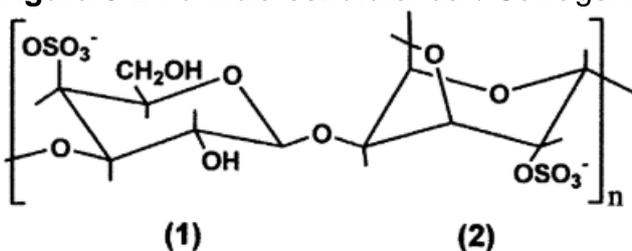
A carragena é um polissacarídeo composto por um dissacarídeo, variando na quantidade de grupos sulfatos disponíveis na molécula. κ -Carragena α -(1-3)-D-galactose-4-sulfato e β -(1-4)-3,6-anidro-D-galactose, ι -Carragena β -(1-3)-D-galactose-4-sulfato e α -(1-4)-3,6-anidro-D-galactose-2-sulfato, λ -Carragena β -(1-3)-D-galactose-2-sulfato e α -(1-4)-D-galactose-2,6-disulfato, onde as carragena κ e ι apresentam propriedades gelificantes, enquanto a λ não forma gel, tendo apenas aumentando a viscosidade da solução (YUGUCHI, 2002.).

Figura 3-1 Fórmula estrutural da κ -Carragena



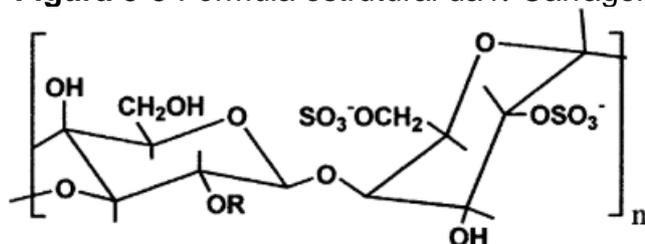
Fonte: Yuguchi 2001

Figura 3-2 Fórmula estrutural da ι -Carragena



Fonte: Yuguchi 2001

Figura 3-3 Fórmula estrutural da λ -Carragena

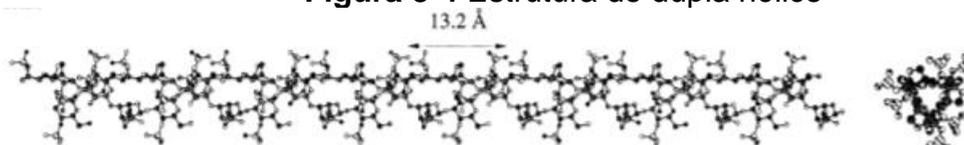


Fonte: Yuguchi 2001

A formação de gel do polissacarídeo, é dada pela quantidade de grupos sulfatos presentes na substância, que por meio de pontes de hidrogênio e pontes formadas por contra íons, resultando em uma estrutura helicoidal. A ι apresenta uma

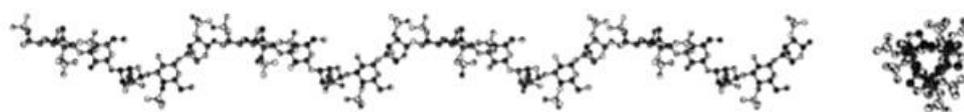
estrutura de hélice em solução, o que resulta de em um gel mais maleável e elástico, mas que é capaz de se enrijecer com o acréscimo de K^+ na solução. A κ -carragena possui uma estrutura de dupla hélice quando em contato com os contra íons em solução, fazendo com que sua estrutura sol-gel seja formada por uma estrutura de dupla hélice em ligações de ester com outra molécula do dissacarídeo (MORRIS, 1979).

Figura 3-4 Estrutura de dupla hélice



Fonte: Adaptado de Yuguchi (2001)

Figura 3-5 Estrutura de hélice



Fonte: Adaptado de Yuguchi 2001

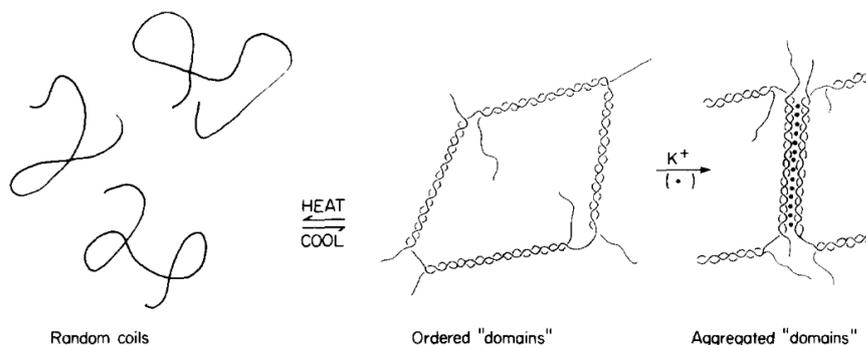
A λ -carragena apesar de ter mais sítios para fazer ligações, este dissacarídeo, não forma gel, porém seu uso presente na indústria alimentícia, devido a sua propriedade de viscosidade, contudo seu uso torna-se mais estudado na área da saúde, onde é estudada em tratamentos antitumoral e como revestimento para liberação de medicamentos (YUGUCHI, 2002.; ZHOU et al., 2003; LI et al., 2014).

A κ -Carragena apresenta propriedades gelificantes ao ser solubilizada, mas o seu sistema aprisionado vai mudar dependendo da concentração, contra íons e da solubilização em água quente, a sinérese faz parte desta propriedade, com o tempo o sistema expulsa a água encolhendo o gel no processo. A κ -carragena apresenta vários contra íons que são capazes de formar um sistema aprisionado que são mono e bivalentes, dentre eles estão os metais alcalinos e alcalinos terrosos, em sua maioria. Estes íons estão diretamente ligados com a conformação das duplas hélices variando em sua força e estabilidade (TECANTE, 2002).

Cátions Monovalentes: $Rb^+ > Cs^+ > K^+ > NH_4^+ > (CH_3)_4N^+ > Na^+ > Li^+$

Cátions bivalentes: $Ba^{2+} > Ca^{2+} > Sr^{2+} > Mg^{2+} > Zn^{2+} > Co^{2+}$

Figura 3-6 Representação das conformações da carragena em solução



Fonte: Adaptado de Morris (1980)

Este polissacarídeo, apresenta uma conformação encaracolada em meio aquoso, ao aquecer a solução, estas conformações se agrupam formando um sistema de dupla hélice, com a adição de cátions que se ligam aos grupos sulfatos da galactose, através de ligações iônicas, as estruturas de dupla hélice se aglomeram

deixando o sistema mais rígido (BAEZA et al., 2002). Devido a estas propriedades da κ -Carragena é capaz de promover um sistema aprisionado, onde os nutrientes como o potássio e o fosforo ficarão unidos a bentonita, a sinérese do material pode promover uma liberação mais controlada dos compostos, onde o potássio servirá de ponte entre as estruturas de dupla hélice aumentando a estabilidade dos géis,

3.1.1 Propriedades dielétrica da κ -carragena

A κ -carragena por apresentar ligações com contra íons, são estudadas suas propriedades dielétricas, estas propriedades estão relacionadas com as interações eletrostáticas apresentadas pelas cargas das moléculas e seus contra íons, assim os íons livres, promovem a condutividade, enquanto os íons ligados ao polímero, promovem um relaxamento dielétrico (IKEDA, 1998).

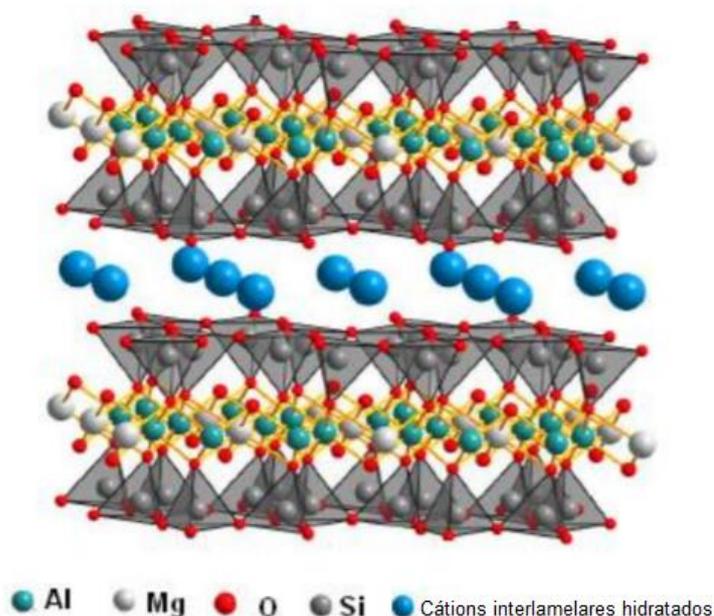
A relaxação dielétrica em alta frequência em um polímero sugere que a presença de íons fracamente ligados. Para a κ -carragena está também relacionado a sua conformação e estabilidade do gel, onde haverá uma maior força de ligação, dependendo dos cátions presentes em solução (IKEDA, 1997).

3.2 Argilominerais

Os argilominerais são materiais que tem composição de filosilicatos hidratados, a argila bentonita é composta em sua maioria por montmorilonita, um argilomineral do grupo das esmectitas, também tendo presença de outros argilominerais. (BERGAYA, 2013)

A estrutura dos argilominerais é composta por uma junção de duas ou mais folhas, tetraédrica e octaédrica, essas folhas, são junções de tetraedros e octaedros, formados por um cátion coordenado por 4 e 8 oxigênios respectivamente (MOTTA, 2018).

Figura 3-7 Estrutura da montmorillonita



As argilas, apresentam propriedades como a troca iônica, que apresentam plasticidade e algumas delas são capazes de aumentar o seu volume em meio aquoso como por exemplo a bentonita sódica, ocorrendo com a presença de íons orgânicos grande e através da solvatação de cátions pela água que entrará nos espaços de suas lamelas, resultando em um desequilíbrio de carga tornando as superfícies lamelares mais negativa, assim gerando uma repulsão de cargas (MOTTA, 2018). Outro fator que pode promover o aumento do volume da argila, é a intercalação de moléculas, íons ou sais, entre as lamelas da argila, aumentando o espaço entre as lamelas, sem alterar suas estruturas. (FERREIRA, 2014). A argila irá servir de meio de entrega de substâncias que possam estar presentes entre as lamelas da bentonita.

4 METODOLOGIA

4.1 Preparo de soluções de κ -Carragena

A κ -Carragena fornecida pela empresa Genugel, sólido de cor amarelada com massa molar de 367,301g/mol. O experimento iniciou com o preparo de 3 soluções de em concentrações diferentes para análise qualitativa de qual solução formaria gel e qual deles seriam mais estáveis. Para o preparo das soluções, foi preciso aquecer a água no tubo de ensaio até atingir o ponto de fusão da $[\kappa\text{-C}]$ (75°C), antes de adicioná-la em proporção 0,1%, 0,5% e 1,0% (m/v), após a adição a solução é agitada por 30 min, para que seja bem homogeneizada e por fim, a solução é colocada em repouso para resfriar até temperatura ambiente.

O próximo passo foi adicionar potássio para que o gel formado fosse mais firme e estável. O preparo da solução de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$, é preparado uma solução de KCl e levada ao aquecimento até (75°C), e adiciona-se e o potássio em proporção 0,7455% e 0,07455% (m/v), agitando-a por 30min, após o tempo, ela é levada para resfriar até temperatura ambiente (BAEZA, 2002; MANGIONE et al., 2003; TECANTE, 2012).

No sistema aprisionado de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$ foi adicionado o polifosfato de sódio (Hexametáfosfato de sódio puríssimo) da Vetec, com massa molar de 101,96g/mol, seguindo o mesmo processo anterior, diferindo que, após a agitação do sistema $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$, é adicionado o polifosfato e agitado por 30 min em proporção 1,02% e 0,102% em proporção (m/v).

Esta solução é preparada com a adição inicialmente da bentonita sódica da Vetec, em água, agitada por 30min em proporção 1% (m/v) para ter o inchamento da argila, em seguida a κ -Carragena é adicionada ao sistema, agita-se a solução por mais 30min, em sequência adiciona-se o cloreto de potássio seguido do polifosfato, ambos sólidos, por fim repousar em temperatura ambiente.

4.2 Medidas de espectroscopia de relaxação dielétrica

Após serem feitas as soluções, foram feitas medidas de impedância em 24h e 1 semana após a produção das soluções, usando o eletrodo impresso da dropsens DRP-220AT, variando a frequência de 1MHz até 1mHz, com corrente constante. Para analisar a condutividade e a zona de relaxação, pois será capaz de determinar a passagem de carga no material. Avaliando assim se o material seria capaz de servir de meio para os componentes como a argila, o potássio e o polifosfato interagirem com o solo, promovendo a entrega nutricional adequada para as plantas e auxiliar a bentonita com as trocas iônicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Soluções de κ -Carragena

As soluções de carragena, elas não apresentam em baixas concentrações a formação de sistema aprisionado, as ligações glicosídicas formadas pelo polissacarídeo e a formação da estrutura de dupla hélice promovem o enrijecimento do meio, em altas concentrações, forma-se o sistema aprisionado.

Tabela 5.1 Soluções de κ -carragena

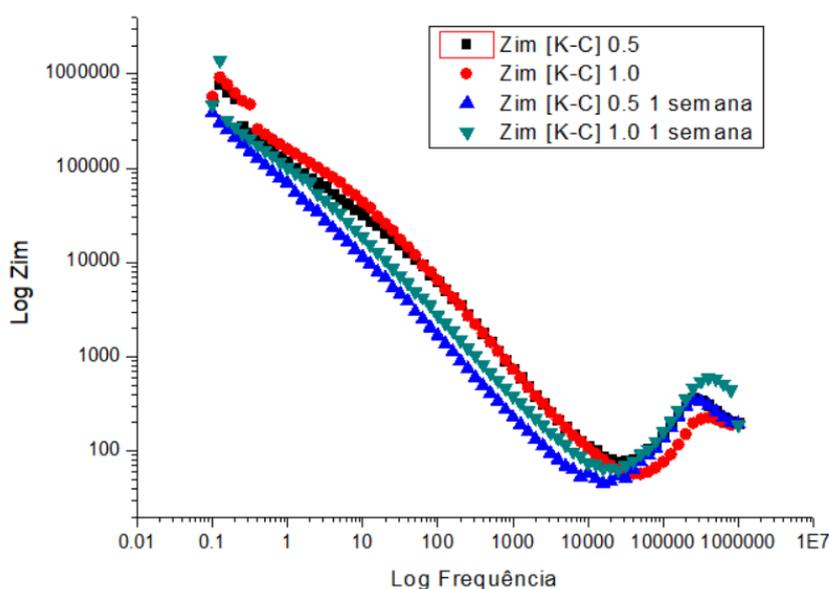
Concentração [κ -C]	0,1%	0,5%	1,0%
Formação de sistema aprisionado	Não	Não	Sim

Fonte: Própria do autor (2019)

5.2 Espectroscopia de relaxação dielétrica

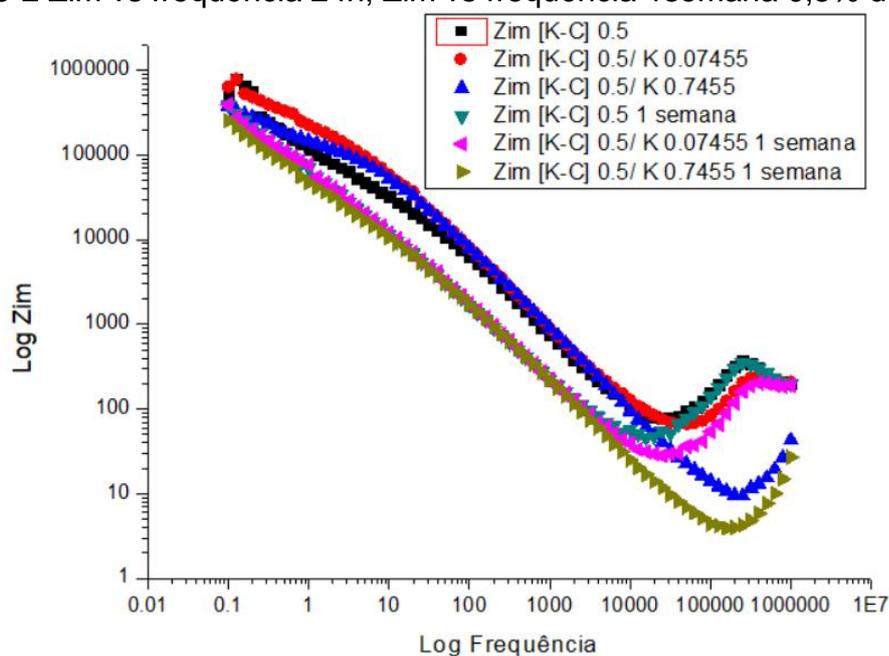
O gráfico apresenta um “ombro” em baixa frequência e uma relaxação em alta frequência, este “ombro” é resultante do movimento de íons em baixa frequência se acumulando na interface do eletrodo. A relaxação em alta frequência está associada a hopping de cargas elétricas entre ilhas no sistema (OLIVEIRA, 2008). O aumento da concentração, promove uma diminuição na zona de relação, deslocando-o para uma zona de maior frequência, indicando que houve uma diminuição de ilhas livres para hopping de cargas.

Gráfico 5-1 Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana 0,5% e 1,0% de [κ -C]



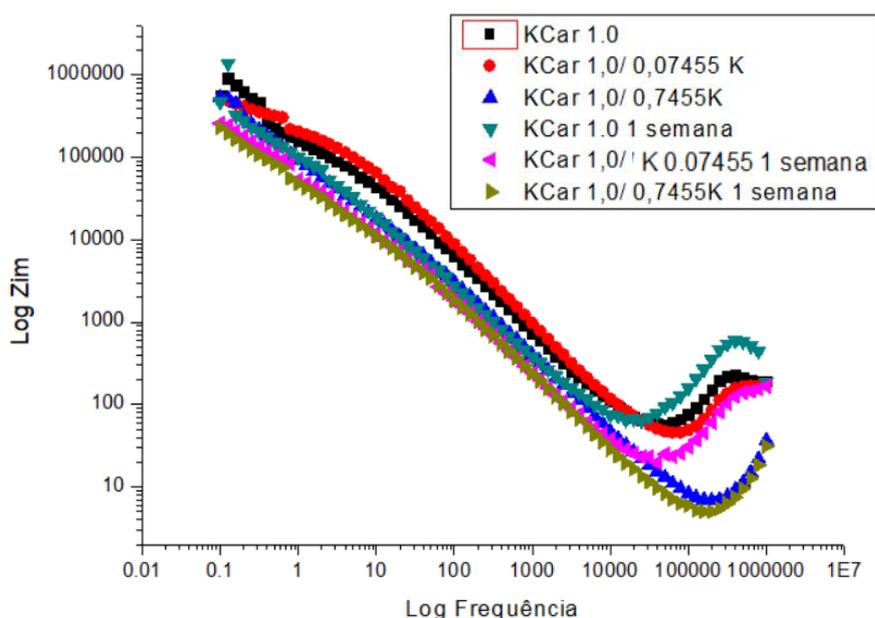
Fonte: Própria do autor (2019)

O gráfico 5-1, aponta que a 1,0% de [κ -C] teve um aumento, devido ao tempo da amostra, com o tempo os géis de [κ -C] apresentam sinérese, perdendo água para o meio com, a perda de água do sistema, leva também os H^+ , deixando ilhas com cargas livres e assim, aumentando o hopping entre estas ilhas.

Gráfico 5-2 Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana 0,5% de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$ 

Fonte: Própria do autor (2019)

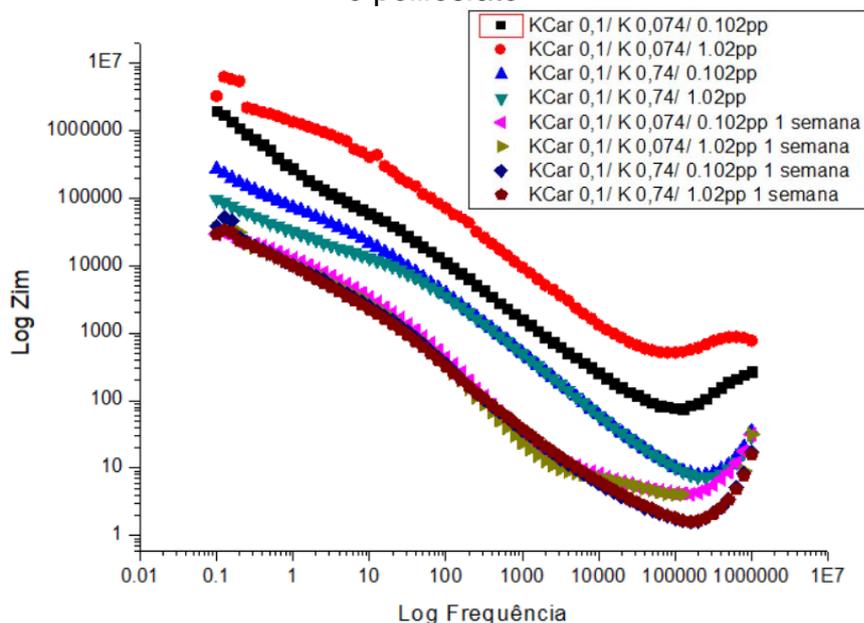
O gráfico 5-2, mostra a relação do potássio no sistema, ao ligar-se nas cadeias de dupla hélice, ele ocupa ilhas com ligações iônicas, fazendo com que o hopping de alta frequência diminua, em baixa frequência, as cargas livres deslocam-se, polarizando o eletrodo.

Gráfico 5-3 Zim vs frequência 24h e 1 semana de 1,0% de $[\kappa\text{-C}]/\text{K}^+$ 

Fonte: Própria do autor (2019)

Após uma semana, as zonas de relação do material deslocaram para uma zona de maior frequência, a interação com o potássio não permitiu que houvesse hopping de cargas, mesmo após uma semana.

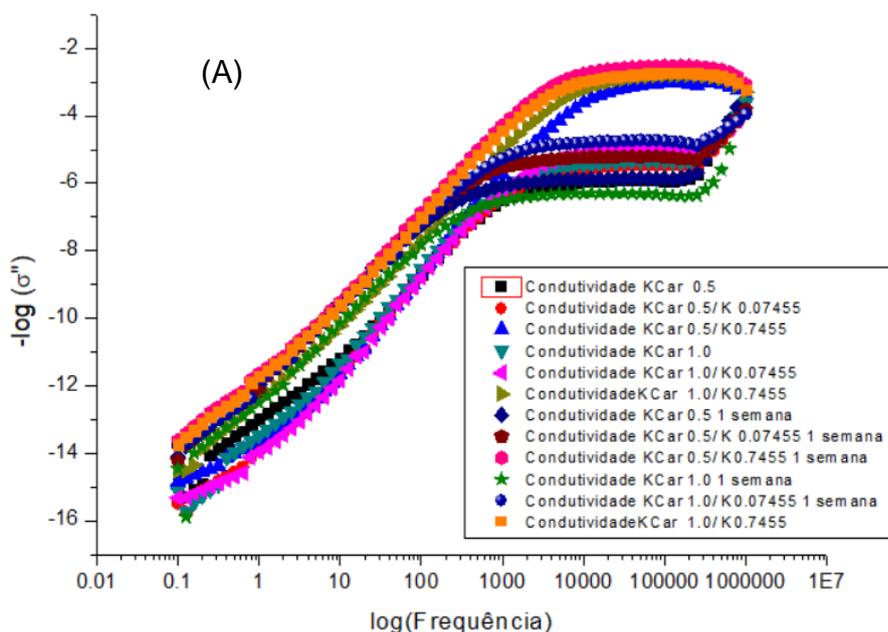
Gráfico 5-4 Zim vs frequência 24h; Zim vs frequência 1 semana relacionando o K⁺ e o polifosfato

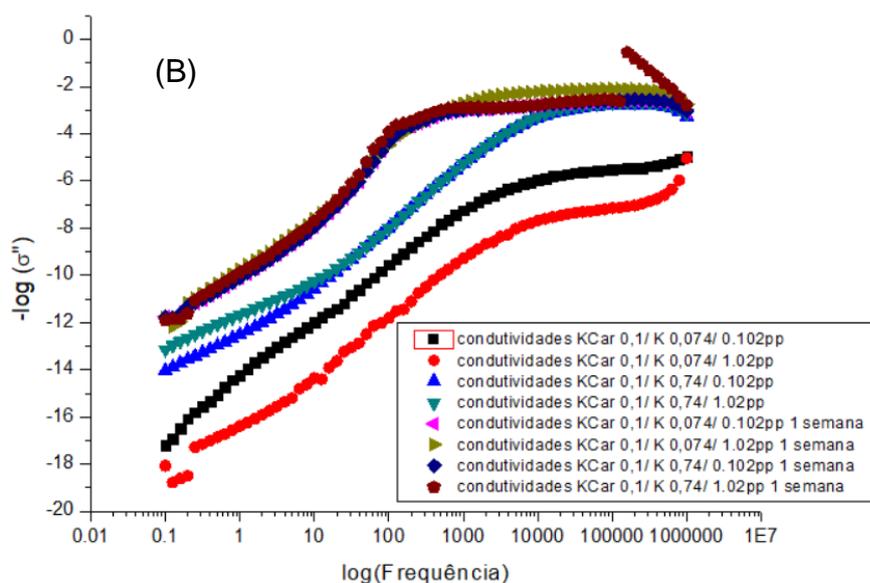


Fonte: Própria do autor (2019)

Ao adicionar o polifosfato, a zona de relação dielétrica só aparece em frequências acima de 1MHz, a presença do polifosfato em maior quantidade em relação ao potássio, promoveu um aumento nos valores de impedância. Após uma semana, os géis do sistema [K-C]K⁺/polifosfato, não conseguiu permanecer em uma conformação semelhante com a de 24h, como foi percebido nos géis de [K-C]/K⁺, o polifosfato, interferiu nesta conformação, porém, as ilhas para hopping, permaneceram ocupadas, mas a passagem elétrica pelo sistema foi mais fácil em alta frequência.

Gráfico 5-5 (A) Condutividade sistemas [K-C]/K⁺ 24h e condutividade sistemas [K-C]/K⁺ 1 semana; (B) Condutividade sistemas [K-C]K⁺/polifosfato 24h e Condutividade sistemas [K-C]K⁺/polifosfato 1 semana





A condutividade apresentada dos géis apresenta uma boa condutividade, um eletrólito de polímero gelificado com valores de condutividade muito, próximos a (10^{-2} – 10^{-3}), estes géis apresentam condutividade próximo a eletrólitos líquidos (PALMA et al., 2017). Esta condutividade pode auxiliar o sistema com a entrega de nutrientes para o meio no qual estará inserido, assim podendo ter uma funcionalidade com fertilizante

5.3 Sistema κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita

Para o sistema κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita, foi preciso que fosse adicionado a bentonita em água primeiro, para que a água solubilizasse íons entre as lamelas da argila, assim promovendo um inchaço por repulsão de cargas, com esse espaço, seria possível para polissacarídeo entrar entre estas lamelas. A inversão da ordem no preparo de solução, resultava em uma precipitação da argila. Ao adicionar o potássio e o polifosfato após adicionar a κ -Carragena, a solução gelificava ao esfriar em temperatura ambiente.

Tabela 5-2 Sistema κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita

Concentração	Bentonita 1%/ [K-C]1%/K ⁺ 0,74%/polifosfato 0,102%	Bentonita 1%/ [K-C]1%/K ⁺ 0,74%/polifosfato 0,51%	[Bentonita 1%/ [K-C]1%/K ⁺ 0,74%/polifosfato 1,02%
Formação sol-gel	Sim	Sim	Sim

Fonte: Próprio do autor (2019)

O sistema formado κ -Carragena/polifosfato reticulado por bentonita, podendo favorecer a utilização como fertilizante, visto que a bentonita ao ser agitada primeiro ocorre o inchamento devido a solvatação, ao adicionar os íons orgânicos, eles podem entrar nos espaços interlamelares e aumentar este espaço, assim, ao adicionar o potássio e o polifosfato, a formação do gel irá promover uma gelificação no sistema

por completo. A formação do gel ocorreu pela a adição do potássio, visto que sem a adição do potássio, apenas bentonita e carragena, não há a formação do gel, o mesmo se repete para o polifosfato e carragena, com exceção a altas concentrações, que se deve ao sódio do polifosfato servindo de ponte entre as conformações de dupla hélice.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sistema Kappa-Carragena/polifosfato, mostrou que não possui uma estabilidade reticular forte como o sistema Kappa-Carragena/K⁺ que mesmo após uma semana, elas permaneceram com condutividades e medidas de impedância semelhante, isso mostra que o K⁺ foi capaz de promover uma melhor estabilidade a estrutura de dupla hélice formada, que permitiu uma passagem de cargas em frequências próximas a 100KHz até 1MHz formando a zona de relaxação em alta frequência devido a hopping de cargas. Isso mostra que neste sistema é capaz de haver a transição de cargas o que pode possibilitar um melhor fornecimento de potássio e fosforo para a planta.

A condutividade apresentada pelos géis, são valores que indicam que o gel apresenta condutividade boa, pois aproximasse de condutividade de eletrólitos líquidos, assim, ao colocar a bentonita essa condutividade auxiliará a entrega de nutrientes para o meio. A troca iônica promovida pela argila, recolhe íons que estejam em excesso no solo. A carragena pode decompor-se no solo, sem deixar substâncias danosas ao meio, junto com a argila que entregará o polifosfato e o potássio para o meio, entregando de maneira controlada os nutrientes para a planta.

REFERÊNCIAS

Albelda, M. T., et al. Chem Soc Rev Supramolecular Complexation for Environmental Control. *Chem Soc Rev*, vol. 41, p. 3859–77, Jan. 2012.

Baeza, R. I., et al. K -Carrageenan F Protein Interactions : Effect of Proteins on Polysaccharide Gelling and Textural Properties. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, vol. 35, p. 741–47, Aug.2002,

BERGAYA, F. LAGALY, G. General introduction: clays caly minerals, and clay science. In: BERGAYA, F. THENG, B. K. G. LAGALY, G. Handbook of Clay Science. [S.I.]: Elsevier, v. 5, 2013. cap. 1, p. 1-19

Bertolino, L. C., et al. Caracterização Mineralógica E Estudos De Beneficiamento Da Bentonita De Pedra Lavrada-Pb. *II SIMPÓSIO DE MINERAIS INDUSTRIAIS DO NORDESTE CARACTERIZAÇÃO*, p. 23–30 2010.

COGO, J. M. **Caracterização e funcionalização de argila esmectita de alteração basáltica e utilização na remoção de corante com processo de adsorção: estudo da cinética e equilíbrio do processo.** 2011. 99f. (Mestrado em Geociências) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

Ferreira, A. de M., Silva G. C., Duarte H. A. “Materiais Funcionais Para a Proteção Ambiental.” *Cadernos Temáticos de Química Nova Na Escola*, vol. 1, no. 8, p. 30–38. Apr. 2014.

Ikeda, S., et al. Dielectric Analysis of Food Polysaccharides in Aqueous Solution. *CARBOHYDRATE RESEARCH*, vol. 301, p. 51–5, Feb. 1997.

Ikeda, S., and Hitoshi Kumagai. Dielectric Analysis of Sol - Gel Transition of K - Carrageenan With. *J. Agric. Food Chem*, vol. 46, no. 9, p. 3687–93, Mar.1998.

Li, L., et al. Carrageenan and Its Applications in Drug Delivery. *Carbohydrate Polymers 103*, vol. 103, p. 1–11, Dec. 2014.

Mangione, M. R., et al. K⁺ and Na⁺ effects on the Gelation Properties of κ -Carrageenan. *Biophysical Chemistry*, vol. 113, no. 2, p. 129–35, Sep. 2004.

Mangione, M. R., et al. Thermoreversible Gelation of κ -Carrageenan : Relation between Conformational Transition and Aggregation. *Biophysical Chemistry*, vol. 104, p. 95–105, Oct. 2003.

Morris, E. R., et al. Cation-Specific Aggregation of Carrageenan Helices: Domain Model of Polymer Gel Structure. *Journal of Molecular Biology*, vol. 138, no. 2, p. 349–62, Oct. 1980

Motta, R. J. B. **Avaliação do papel estabilizante/desestabilizante de polifosfato em dispersões coloidais de argila.** 2018. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2018.

Oliveira, R. J. **Materiais híbridos de polifosfatos: fotoquímica, caracterização (di)elétrica e sua utilização em capacitores eletroquímicos.** 2008. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

Palma, T. M. Di, et al. Xanthan and κ -Carrageenan Based Alkaline Hydrogels as Electrolytes for Al / Air Batteries. *Carbohydrate Polymers*, vol. 157, Elsevier Ltd., p. 122–27, Sep. 2017.

Pradhan, D. K., et al. Studies of Dielectric Relaxation and AC Conductivity Behavior of Plasticized Polymer Nanocomposite Electrolytes. *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 3, p. 597–608, Mar. 2008.

Safley, M. HOW TRADITIONAL AGRICULTURE IS APPROACHING. *Biomass and Bioenergy Vol.*, vol. 14, no. 4, p. 329–32, Dec. 1998.

Tecante, A., et al. Solution Properties of κ -Carrageenan and Its Interaction with Other Polysaccharides in Aqueous Media. *Rheology*, edited by Juan De Vicente, In Tech, p. 22, Mar. 2012.

Yuguchi, Y., et al. Structural Characteristics of Carrageenan Gels: Temperature and Concentration Dependence. *Food Hydrocolloids*, vol. 16, no. 6, p. 515–22, Nov. 2002.

Zhou, G., et al. In Vivo Antitumor and Immunomodulation Activities of Different Molecular Weight Lambda-Carrageenans from *Chondrus Ocellatus*. *Pharmacological Research*, vol. 50, p. 47–53, Dec. 2003.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Francisco Welio Firmino da Silva, e minha mãe Maria Edinalda Souza e Silva, pelo apoio a minha educação e compreensão por minha ausência nas reuniões familiares.

À minha noiva Elane da Silva Salvador por todo o apoio e companheirismo dentro e fora da UEPB, incentivando a nunca desistir e seguir sempre batalhando pelo meu futuro.

Ao professor Prof. Dr. Rodrigo José de Oliveira pela a oportunidade de poder participar de um PIBIC, pelos os referenciais teóricos sugeridos ao longo dessa orientação e pela dedicação

Aos professores que compuseram a banca de defesa, Prof. Dr. Deoclécio Ferreira de Brito e Prof. Dr. José Germano Veras Neto.

Aos professores do curso de graduação da UEPB, que contribuíram ao longo desses meses de formação, por meio das disciplinas e debates.

Aos funcionários da UEPB, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e apoio, em especial, Jaquiely, Fernanda, Izabela.

Aos companheiros de laboratório por todos os ensinamentos, todo o apoio, Rayssa, Gutemberg, Pedro, Júlio, Welida, Ester.

À Sara Regina Ribeiro Carneiro de Barros e Maria da Conceição Menezes Torres, coordenadora e coordenadora adjunta do curso de graduação, por seu empenho.

A Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos recursos disponibilizados para o desenvolvimento da pesquisa.