



**PAULA MARIA DE SOUZA MENDONÇA**

**NESTMATE IDENTITY AND FORAGING AREA OF  
*Syntermes spp* (BLATTODEA: TERMITIDAE) USING NEAR-  
INFRARED SPECTROSCOPY**

**LAVRAS - MG  
2018**

**PAULA MARIA DE SOUZA MENDONÇA**

**NESTMATE IDENTITY AND FORAGING AREA OF *Syntermes spp.*  
(BLATTODEA: TERMITIDAE) USING NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Dr. Ronald Zanetti  
Orientador

**LAVRAS - MG**

**2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados  
pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Mendonça, Paula Maria de Souza.

Nestmate identity and foraging area of *SYNTERMES SPP*  
(BLATTODEA: TERMITIDAE) using near-infrared spectroscopy /  
Paula Maria de Souza Mendonça. - 2018.

80 p.

Orientador(a): Ronald Zanetti.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. *Syntermes nanus*. 2. Eucalipto. 3. Hidrocarbonetos  
cuticulares. I. Zanetti, Ronald. II. Título.

**PAULA MARIA DE SOUZA MENDONÇA**

**NESTMATE IDENTITY AND FORAGING AREA OF *Syntermes spp.*  
(BLATTODEA: TERMITIDAE) USING NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY**

**IDENTIFICAÇÃO DE NINHOS E ÁREA DE FORRAGEAMENTO DE *Syntermes spp.*  
(BLATTODEA: TERMITIDAE) USANDO ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO  
PRÓXIMO**

Dissertação apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do programa de Pós-graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 de junho de 2018.

Dr. Ronald Zanetti.....UFLA

Dr. Alexandre dos Santos.....UFLA

Dr. Ives Haifig.....UFU

Dr. Ronald Zanetti

**Orientador**

**LAVRAS – MG**

**2018**

*Aos meu pais, que sempre acreditaram em mim, me incentivaram em meus sonhos e me deram amor e educação. Obrigada pela torcida!*

**OFEREÇO**

*Ao Professor Dr. Ronald Zanetti, a minha família e aos amigos da Entomologia que ajudaram para a construção desta dissertação.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pelo amor incondicional, por me amparar de dar forças para persistir meus sonhos e por sempre colocar pessoas especiais nas horas certas em minha vida.

Agradeço a minha Família; ao meu Pai, por sonhar junto comigo essa conquista, à minha Mãe, por seu amor incondicional, pelas orações e amizade sem igual. Aos meus irmãos, por sempre acreditarem e torcerem por mim. Eu amo muito vocês!

Ao meu namorado Lucas, por sempre estar comigo em todos os momentos.

Agradeço ao Professor Ronald Zanetti, pela oportunidade de ser sua orientada. Pelos ensinamentos, pelas conversas, pela amizade e principalmente por ser essa pessoa íntegra que nos trata com muito carinho e atenção.

Agradeço aos amigos de laboratório, Caroline, Alexandre, Willian, João Pedro, Bruno, Stephannie, Júlia, Jéssica, Carlos, Julius, Kênia, Gustavo e Eliane por serem tão amigos e sempre dispostos a ajudar. Em especial agradeço à Carol, por tantas vezes me ouvir e me ajudar, ao Chimbinha por ser essa pessoa incrível, me ajudar e vencer tantas situações difíceis ao meu lado e à Lea, por ser essa mãe no nosso laboratório. Obrigada a todos pela amizade e por tantos momentos maravilhosos.

Agradeço a todos as amigas e aos amigos do Departamento de Entomologia, que de certa forma auxiliaram na jornada. Foram dois anos maravilhosos e de muito crescimento. Agradeço em especial àqueles que auxiliaram a conduzir os trabalhos. Agradeço a todos os Professores da Entomologia pelos ensinamentos e oportunidade de crescimento. Em especial ao Professor Alexandre dos Santos, pela imensa ajuda em meu trabalho, paciência, pela amizade, por todas as aulas e ensinamentos. Ao professor Geraldo Andrade, por ainda na graduação me dar a oportunidade de trabalhar com Entomologia e despertar em mim essa paixão. Obrigada pela amizade e ensinamentos que levarei para sempre comigo.

Agradeço aos técnicos e funcionários da UFLA em especial, Eliane, Julinho, Irene e Isabel não somente pela ajuda física e burocrática, mas também pela amizade.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade concedida para realizar este Mestrado em Entomologia. Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Agradeço as Empresas Cenibra, Gerdau, StoraEnso, Suzano, Veracel e Vallourec pelo financiamento do projeto.

## RESUMO

Cupins subterrâneos do gênero *Syntermes* são importantes pragas iniciais na cultura do eucalipto. A quantidade de danos causados por esses cupins pode estar relacionada ao tamanho da colônia e da sua área de forrageamento. Para determinar isso, pode-se usar a técnica de espectroscopia do infravermelho próximo (NIR), que é capaz de detectar as variações de composições químicas dos hidrocarbonetos cuticulares dos insetos e discriminar espécies e irmãos. No primeiro estudo, o NIR e a análise discriminante por mínimos quadrados parciais (PLS-DA) foram utilizados para identificar a origem colonial do cupim *Syntermes grandis*, que possui ninhos superficiais. A precisão foi de 98% na identificação de ninhos para operários e soldados dessa espécie. O método mostrou-se importante para a caracterização qualitativa da resposta fenotípica colonial dessa espécie. No segundo estudo, procurou-se utilizar a mesma tecnologia para determinação da correspondência entre os orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus*, que possui ninhos subterrâneos. A medição espectral dos cupins resultou em 424 espectros, um espectro médio para cada operário analisado, correspondentes a 52 orifícios diferentes coletados. Em cada orifício, foram coletados números de operários que variaram de 8 a 23 operários. Os espectros mais correlacionados entre si pela análise de componentes principais (PCA) dentre os 1556 comprimentos de onda coletados foram os dez espectros no intervalo de 7020,89648 cm<sup>-1</sup> a 7055,16524cm<sup>-1</sup>, a cada 3,85764 cm<sup>-1</sup>, que coincide com os maiores valores de absorbância encontrados. A técnica de NIR não permitiu a separação de colônias do cupim *Syntermes nanus*, como foi feito para *Syntermes grandis*, impossibilitando a determinação da área de forrageamento dessa espécie.

**Palavras-chave:** *Syntermes nanus*; eucalipto; hidrocarbonetos cuticulares.



## ABSTRACT

Subterranean termites of the genus *Syntermes* are important early pests in eucalyptus culture. The amount of damage caused by these termites may be related to the size of the colony and its foraging area. To determine this, one can use the Near Infrared Spectroscopy (NIR) technique, which is able to detect chemical composition variations of insect cuticle hydrocarbons and discriminate species and siblings. In the first study, the NIR and the partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) were used to identify the colonial origin of the termite *Syntermes grandis*, which has superficial nests. The accuracy was of 98% in the identification of nests using workers and soldiers of this species. The method was important for the qualitative characterization of the colonial phenotypic response of this species. In the second study, we tried to use the same technology to determine the correspondence between the foraging holes of *Syntermes nanus*, which has subterranean nests. The spectral measurement of termites resulted in 424 spectra, a mean spectrum for each worker analyzed, correspond to 52 different holes collected, in each hole were collected numbers of workers ranging from 8 to 23 workers. The spectra most correlated to each other by principal component analysis (PCA) among the 1556 wavelengths collected were the ten spectra in the range of 7020.89648  $\text{cm}^{-1}$  to 7055.1655  $\text{cm}^{-1}$ , each 3.85764  $\text{cm}^{-1}$ , which coincides with the highest absorbance values found. The NIR technique did not allow the separation of termite colonies *Syntermes nanus*, as was done for *Syntermes grandis*, making it impossible to determine the foraging area of this species.

**Keywords:** *Syntermes nanus*; eucalyptus; cuticular hydrocarbons

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Importância dos cupins .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Espectroscopia do infravermelho próximo (NIR) aplicada a entomologia .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Referências bibliográficas .....</b>	<b>18</b>
<b>4 Artigo 1 .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 INTRODUCTION.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 RESULTS .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 DISCUSSION .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>
<b>5 ARTIGO 2.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
<b>5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>5.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Cupins subterrâneos são importantes pragas iniciais na cultura do eucalipto (FERREIRA et al., 2011). Essa importância aumenta com o avanço de cultivos de florestas em áreas anteriormente ocupadas por pastagens, as quais são mais propícias ao desenvolvimento de populações de cupins (WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002).

Dentre as espécies de cupins-praga, as do gênero *Syntermes* são as mais importantes nestes sistemas (SILVA et al., 2015). Os cupins desse gênero causam danos às raízes e ao coleto de plantas novas, resultando na morte das mudas (WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002) e na necessidade de replantio (CONSTANTINO, 1995).

Para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de cupins subterrâneos é preciso ter o conhecimento das espécies que ocorrem em determinada região, sua distribuição espacial, o tamanho de seus ninhos, bem como seu nível de dano econômico (SANTOS et al., 2016). No entanto, a maioria dos cupins que ataca eucalipto não constrói montículos externos, portanto, a ausência destes montículos numa floresta, não implica na ausência da praga (CONSTANTINO, 1995). Nesse caso, é importante considerar tal possibilidade, quando se quer desenvolver planos de amostragem ou estimar o seu nível de controle.

As populações de cupins podem apresentar três padrões básicos de distribuição espacial: aleatório, agrupado e uniforme (CUNHA, 2011). No entanto, a maioria das espécies se distribui de forma agregada, como os cupins subterrâneos em plantios de eucalipto (SANTOS et al., 2016). No caso do cupim subterrâneo *Syntermes nanus*, os estudos sobre sua distribuição espacial foram desenvolvidos com base na quantificação dos orifícios externos de forrageamento, uma vez que tais cupins não constroem ninhos na superfície do solo. A maioria desses estudos comprovou que tal espécie apresenta distribuição agregada (SANTOS, 2008). No entanto, a estimativa do nível de controle com base na relação entre danos e número de orifícios de forrageamento não se mostrou precisa (SANTOS, 2008), uma vez que não foi possível relacionar o número de orifícios com o tamanho da colônia.

Os insetos sociais, como os cupins, vivem em colônias, cuja quantidade de indivíduos aumenta no tempo, necessitando de mais alimento e maior área de forrageamento. Portanto, é esperado que a quantidade de danos causados por esses cupins esteja relacionada ao tamanho da colônia. Colônias maiores apresentam maior quantidade de orifícios de forrageamento, porém acredita-se que as colônias de cupins podem compartilhar a mesma área de forrageamento, o que implica que podem existir orifícios de colônias diferentes numa mesma área. Portanto, para o desenvolvimento de planos de amostragem e estimativa de dano econômico do cupim subterrâneo

*Syntermes nanus* é necessário inicialmente determinar a identidade colonial de cada orifício, para se estimar o tamanho da colônia e, posteriormente, o dano econômico.

Uma solução para isso seria o uso da técnica de espectroscopia do infravermelho próximo (NIR), que é capaz de detectar as variações de composições químicas dos hidrocarbonetos cuticulares dos insetos e discriminar espécies e irmãos. Vários estudos têm mostrado que os hidrocarbonetos cuticulares (CHCs) podem ser usados para diferenciar os insetos sociais das diferentes colônias (BARBOSA et al., 2018; RIZVI et al., 2018; SIEGWART et al., 2015). Isso demonstra que o NIR pode ser utilizado para discriminar indivíduos da mesma colônia.

## 2 OBJETIVOS

- Realizar a identificação intracolonial de *Syntermes grandis*, utilizando a espectroscopia do infravermelho próximo (NIR);
- Estimar a área externa de ninhos do cupim subterrâneo *Syntermes nanus* e determinar a sua distribuição espacial em áreas de Cerrado.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Importância dos cupins

Os cupins são insetos sociais que formam colônias de indivíduos interdependentes entre si, nas quais ocorre sobreposição de gerações, cuidado com a prole e divisão reprodutiva do trabalho. A estruturação social é constituída por indivíduos que se desenvolvem por paurometabolia e compreendem machos e fêmeas, que são divididos em categorias ou castas (ELEOTERIO et al., 2000; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995).

Os cupins ocorrem nas áreas tropicais e temperadas do mundo e estão reunidos na Ordem Blattodea, com mais de 2000 espécies descritas e destas, 200 ocorrem no Brasil (KORB, 2007; LEWIS, 2009). Cerca de 150 dessas espécies ocorrem na região do cerrado, sendo aproximadamente a metade endêmica (SCHMIDT, 2007). Em solos de florestas tropicais, os cupins estão entre os insetos mais abundantes, representando um dos grupos mais dominantes (BANDEIRA et al., 2003). Em um único hectare de floresta tropical pode ser encontrada mais espécies de térmitas do que em toda a Europa (CONSTANTINO, 1995).

O gênero *Syntermes* consiste em espécies de cupins relativamente grandes, que vivem em ninhos subterrâneos ou epígeos e se alimentam de material vegetal vivo ou morto. Este gênero possui 23 espécies conhecidas e ocorre apenas em América do Sul (CONSTANTINO, 1995). São espécies dominantes e muito abundantes em florestas tropicais (BANDEIRA et al., 2003). Os ninhos podem ser totalmente subterrâneos e possuem orifícios visíveis da entrada do ninho na superfície do solo. Esses ninhos podem se estender até 3 metros de profundidade no solo, o que torna difícil a avaliação de suas populações (BANDEIRA et al., 2003; CONSTANTINO, 1995).

As florestas de eucalipto são uma importante fonte de recursos à alimentação desses e de outros cupins, sendo que algumas espécies são consideradas pragas, devido ao ataque em mudas ou árvores, ocasionando destruição do sistema radicular, morte das mudas e perda da qualidade da madeira (PERALTA et al., 2004). Os danos causados por cupins são os mais severos em países tropicais como o Brasil, Índia e alguns países africanos (GREAVES, 1959; WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002).

As espécies *Syntermes insidians* e *Syntermes molestus* danificam plantas novas de *Eucalyptus spp.* pelo descortçamento do pião e danos às raízes finas, com conseqüente murcha e seca das folhas, sendo necessário o replantio que, além de oneroso, ocasiona desuniformidade nos plantios (KORB, 2007; SANTOS, 2008).

A maioria dos cupins que ataca eucaliptos não constroi montículos, e a ausência de montículos numa floresta não significa que ela esteja livre do ataque desses insetos (ELEOTERIO et al., 2000). Além disso, o fato de cupins serem encontrados nas proximidades de plantas mortas, não significa que estes estejam associados ao dano, pois 27 gêneros de cupins foram coletados em plantios de eucalipto, e somente um causava dano ao cerne e nove estavam se alimentando das raízes destas plantas (WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002). Sendo assim, os danos de cupins em florestas implantadas podem ser muito variáveis, ocorrendo em *Eucalyptus* spp. desde a muda plantada no campo até árvores adultas e maduras (WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002).

Alguns autores sugerem a seguinte divisão de grupos de cupins-praga de florestas implantadas: i) cupins que atacam mudas desde o plantio até a idade de um ano, conhecidos como cupins das mudas, cupins das raízes ou cupins do colo (Ex. *Systemes molestus*, *S. insidians*, *C. cumulans*, etc.) e ii) cupins que atacam árvores formadas (com mais de 2 anos), e destroem o interior da árvore, chamados de cupins do cerne (Ex. *Coptotermes testaceus*, *Heterotermes tenuis*) ou da casca. O cupim do cerne penetra pelas raízes das árvores, construindo galerias pelo interior do tronco, destruindo o cerne e deixando as árvores ocas (GREAVES, 1959; KRISHNA; WEESNER, 1969; WILCKEN; RAETANO; FORTI, 2002).

Os cupins que atacam mudas são as principais pragas que afetam o desenvolvimento inicial do eucalipto nas regiões tropicais e subtropicais. Estes cupins podem começar a atacar a planta a partir de 15 dias do plantio até 2 anos de idade, sendo a maioria dos ataques nos primeiros quatro meses de plantio no campo, quando as plantas tem cerca de 10 meses (NAIR; VARMA, 1985). O período de maior suscetibilidade das mudas de *Eucalyptus grandis* ao ataque de *Cornitermes* sp. é de 34 a 76 dias após o plantio no campo (WILCKEN, 1992).

Os danos diretos causados pelo ataque de cupins são a morte das mudas pela destruição das raízes e os indiretos se referem ao comprometimento no desenvolvimento das árvores e a suscetibilidade destas plantas ao ataque de outras pragas, pelo enfraquecimento das mesmas. Portanto, um controle preventivo e localizado é inevitável para evitar danos às mudas destas plantas (SU, 2000).

A maior parte dos danos ocorre de forma agregada, pois os cupins apresentam tal distribuição espacial no campo. A distribuição agregada é, na maioria das vezes, resultado de alguns fatores, como policalismo (HOLT; EASEY, 1985), limitação na habilidade de dispersão dos alados (KORB, 2007) e algumas condições pontuais mais apropriadas para a nidificação, como manchas de solo adequadas e presença de inimigos naturais (SPAIN; SINCLAIR; DIGGLE, 1986). Por outro lado, a distribuição regular dos ninhos, relaciona-se com a competição intra e interespecífica por recursos (MUJINYA et al., 2014).

A distribuição do tipo agregada determina o território de forrageamento, que pode ser delimitado a partir do comportamento agonístico entre indivíduos de diferentes colônias (ADAMS; LEVINGS, 1987). Alguns indícios de ocorrência de interações competitivas entre cupins podem ser analisados, observando-se a relação entre o tamanho do ninho e a distância para seu vizinho mais próximo (NARAYANAN; GOLD, 2005; NGEE; LEE, 2002; PUCHE; SU, 2001) que sugere a presença de uma zona de exclusão de colônias iniciais ao redor dos ninhos (DARLINGTON, 1982).

### 3.2 Espectroscopia do infravermelho próximo (NIR) aplicada a entomologia

A espectroscopia do infravermelho próximo (NIR) é uma ferramenta capaz de identificar compostos químicos bastante utilizada em diversas áreas do conhecimento. Esta técnica é baseada na análise da refletância e absorvância resultante da incidência do espectro da banda do infravermelho próximo sobre alguma superfície. Determinadas ligações ou grupos químicos apresentam valores diferenciados de absorvância e refletância, resultando em uma assinatura espectral capaz de identificar grupos químicos e diferenciar compostos e substâncias. A utilização do NIR é crescente por ser uma técnica não invasiva. Apresenta também a vantagem de não gerar resíduos, dispensa tratamentos prévios da amostra e é rápido com uma leitura espectral completa por segundo (ISHIKAWA et al., 2014; OZAKI, 2012; PASQUINI, 2003).

Na entomologia, o NIR foi utilizado na determinação da idade de moscas domésticas (PEREZ-MENDOZA et al., 2002), besouros (PEREZ-MENDOZA et al., 2004), identificação a nível específico de adultos de besouro (DOWELL et al., 2005), em Culicidae para identificar espécies pertencentes ao complexo *Anopheles gambiae* e determinar a quantidade de sangue ingerido por adultos, sem ser necessário sacrificar os indivíduos (HALL; DUTRO; KLOWDEN, 1990; MAYAGAYA et al., 2009), e pupas de vespa (COLE et al., 2003). Um estudo usando uma análise de mínimos quadrados parciais dos espectros do infravermelho próximo, espécies e subespécies de *Zootermopsis* foram identificadas com precisão superior a 95% e 80%, respectivamente. A análise da rede neural dos espectros do infravermelho próximo possibilitou a identificação das espécies e subespécies com uma precisão superior a 99% (ALDRICH et al., 2007).

O uso de espectroscopia de infravermelho próximo foi bem sucedido para distinguir casulos de parasitoides de lepidópteros, com uma precisão superior a 85%. As espécies são difíceis de diferenciar usando marcadores morfológicos, pois são morfolologicamente similares. As calibrações foram estabelecidas usando análise de mínimos quadrados parciais, o que permitiu a identificação de casulos de espécies conhecidas e casulos de um hospedeiro alternativo, bem como em testes



cegos. Essa tecnologia facilitou a identificação de insetos capturados em campo usados para determinar os parâmetros ecológicos e as taxas de parasitismo (COLE et al., 2003).

O uso da técnica de espectroscopia de infravermelho próximo foi utilizada com sucesso para prever a idade cronológica de adultos das pragas de grãos armazenados *Sitophilus oryzae*; *Rhizopertha dominica* e *Tribolium castaneum*. A idade prevista apresentou alta correlação com a idade real dessas três espécies (PEREZ-MENDOZA et al., 2004). As previsões vistas em *S. oryzae* usando o método NIR não dependeram do sexo ou da temperatura à qual os gorgulhos adultos são expostos. Perez-Mendoza et al. (2002) compararam a sensibilidade e exatidão da espectroscopia de infravermelho próximo com a da técnica de fluorescência de pteridina para estimar a idade cronológica de moscas *Musca domestica* (L.). Moscas jovens podem ser rapidamente diferenciadas de moscas idosas usando o NIR. A predição do método de pteridina depende do tamanho, sexo e temperatura em que as moscas adultas são expostas, ao contrário do NIR. A precisão da classificação usando a técnica do NIR foi similar para moscas inteiras, cabeças secas, cabeças frescas e cabeças preservadas com etanol. O método NIR também foi adequado para predizer idade de moscas *Stomoxys calcitrans* (L.) e fraturas faciais de *Musca autumnalis*. O NIR tem várias vantagens sobre a medição dos níveis de pteridina para as faixas de coleta seletiva de idade, incluindo velocidade e portabilidade da instrumentação, sem a necessidade de determinar o sexo, o tamanho e as temperaturas às quais as mães adultas foram expostas.

Um estudo examinou a possibilidade do NIR ser utilizado para fins taxonômicos, com base na premissa de que cada espécie pode ter uma composição química única. Os testes foram conduzidos com 11 espécies de besouros comumente associados a grãos armazenados. Espectros de insetos individuais foram coletados utilizando um espectrômetro de diodo de infravermelho próximo. As calibrações foram desenvolvidas usando análise de mínimos quadrados parciais e redes neurais. A calibração das redes neurais identificou corretamente 95% dos insetos-teste. Evidências indicaram que as características de absorção dos lipídios cuticulares podem contribuir para a classificação dessas espécies, portanto essa tecnologia poderia ser usada para identificação rápida e automatizada de muitos outros organismos (DOWELL et al., 2005). Outros autores demonstraram que o NIR pode ser utilizado para identificar formigas da mesma colônia de *Oecophylla smaragdina*, com precisão de 79,6%. (NEWHEY; ROBSON; CROZIER, 2008). O NIR também foi utilizado com sucesso para discriminar espécies crípticas de formigas de *Tetramorium caespitum* e *T. impurum* (Hymenoptera: Formicidae), com classificação correta de 98,8%, com R2 de 0,90 para calibração e de 0,93 para a validação cruzada (BULAT; KLARICA, 2011).

### 3.3 Referências bibliográficas

- ADAMS, E. S.; LEVINGS, S. C. **Territory Size and Population Limits in Mangrove Termites***Journal of Animal Ecology*, 1987. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4967>>
- ALDRICH, B. T. et al. Identification of termite species and subspecies of the genus *Zootermopsis* using near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of insect science (Online)**, v. 7, n. 18, p. 18, 2007.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- BAGINE, R. K. N.; BRANDL, R.; KAIB, M. Species Delimitation in *Macrotermes* (Isoptera, Macrotermitidae) - Evidence from Epicuticular Hydrocarbons, Morphology, and Ecology**Annals of the Entomological Society of America**, 1994.
- BANDEIRA, A. G. et al. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 1, p. 117–127, 2003.
- BARBOSA, T. M. et al. Title: A novel use of infra-red spectroscopy (NIRS and ATR-FTIR) coupled with variable selection algorithms for the identification of insect species (Diptera: Sarcophagidae) of medico-legal relevance. **Acta Tropica**, 2018.
- BULAT, M.; KLARICA, M. Recent insights into a new hydrodynamics of the cerebrospinal fluidBrain. **Research Reviews**, 2011.
- BUSCHINI, M. L. T. Spation ditribution of nests of *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae) in a pasture in the municipality of Rio Claro (SP), Brazil. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 65–72, 2006.
- CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in central Brazil. **Neotropical entomology**, v. 36, n. 3, p. 391–395, 2007.
- CANAZA-CAYO, A. W.; ALOMAR, D.; QUISPE, E. Prediction of alpaca fibre quality by near-infrared reflectance spectroscopy. **Animal**, v. 7, n. 7, p. 1219–1225, 2013.
- CARRIJO, T. F. et al. Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). **Journal of Insect Conservation**, v. 13, n. 6, p. 575–581, 2009.
- CLARK, R. N.; ROUSH, T. L. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for

- remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 89, n. B7, p. 6329–6340, 1984.
- COLE, T. J. et al. Near-infrared Spectroscopic Method to Identify *Cotesia flavipes* and *Cotesia sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, v. 96, n. 6, p. 865–869, 2003.
- CONSTANTINO, R. Revision of the neotropical termite genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). **Dept. of Entomology, University of Kansas**, v. 55, n. 13, p. 455–518, 1995.
- CORNILLON, P. A.; MATZNER-LOBER, E. **Régression : Théorie et applications**. [s.l: s.n.].
- CUNHA, H. F. Distribuição espacial de cupinzeiros epígeos de pastagem no município de Iporá-GO, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 2, p. 45–48, 2011.
- DARLINGTON, J. P. E. C. The underground passages and storage pits used in foraging by a nest of the termite *Macrotermes michaelseni* in Kajiado, Kenya. **Journal of Zoology**, v. 198, n. 2, p. 237–247, 1982.
- DARLINGTON, J. P. E. C. Underground foraging passages and storage pits built by the termite *Syntermes molestus* in Goiania, Brazil (Isoptera, Termitidae). **Sociobiology**, v. 23, n. 2, p. 211, 1993.
- DOS SANTOS, A. et al. Subterranean termites (Insecta: Isoptera) sampled in sandy and sandy-clay soils at minas gerais Cerrado, Brazil. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 633–642, 2011.
- DOWELL, F. E. et al. Sex separation of tsetse fly pupae using near-infrared spectroscopy. **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, n. 3, p. 249–257, 2005.
- ELEOTERIO, E. S. R. et al. Levantamento e identificação de cupins (Insecta: Isoptera) em área urbana de Piracicaba, SP. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 125–139, 2000.
- FERREIRA, E. V. O. et al. Termites action on the soil. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 5, 2011.
- GELADI, P.; KOWALSKI, B. R. Partial least-squares regression: a tutorial. **Anal Chim Acta**, v. 185, p. 1–17, 1986.
- GREAVES, T. Termites as forest pests. **Australian Forestry**, v. 23, n. 2, p. 114–120, 1959.
- GROC, S. et al. Litter-dwelling ants as bioindicators to gauge the sustainability of small arboreal

monocultures embedded in the Amazonian rainforest. **Ecological Indicators**, v. 82, n. June, p. 43–49, 2017.

HALL, M. H.; DUTRO, S. M.; KLOWDEN, M. J. Determination by near-infrared reflectance spectroscopy of mosquito (Diptera: Culicidae) bloodmeal size. **Journal of medical entomology**, v. 27, n. 1, p. 76–79, 1990.

HAVERTY, M. I. et al. Cuticular hydrocarbons of dampwood termites, *Zootermopsis*: Intra- and intercolony variation and potential as taxonomic characters. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 3, p. 1035–1058, 1988.

HAVERTY, M. I.; NELSON, L. J.; PAGE, M. Cuticular hydrocarbons of four populations of *Coptotermes formosanus* Shiraki in the united states. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 5, p. 1635–1647, 1990.

HOLT, J. A.; EASEY, J. F. Polycalic colonies of some mound building termites (Isoptera: Termitidae) in northeastern Australia. **Insectes Sociaux**, v. 32, n. 1, p. 61–69, 1985.

HOWARD, R. W. H.; BLOMQUIST, G. J. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 50, p. 371–93, 2005.

HUBBERT, S.; MÜLLER, S. Interpolation with circular basis functions. **Numerical Algorithms**, v. 42, n. 1, p. 75–90, 2006.

ISHIKAWA, D. et al. Recent progress of near-infrared (NIR) imaging--development of novel instruments and their applicability for practical situations--. **Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry**, v. 30, n. January, p. 143–50, 2014.

KAIB, M. et al. Cuticular hydrocarbons in a termite: Phenotypes and a neighbour-stranger effect. **Physiological Entomology**, v. 27, n. 3, p. 189–198, 2002.

KORB, J. **Termites Current Biology**, 2007.

KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. Biology of Termites. **Anzeiger f??r Sch??dlingskunde und Pflanzenschutz**, v. 42, n. 5, p. 79, 1969.

LEE, W. S.; EHSANI, R. Sensing systems for precision agriculture in Florida. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, p. 2–9, 2015.

- LEPAGE, M.; DARLINGTON, J. P. E. C. Population dynamics of termites. In: **Termites Evolution Sociality Symbioses Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 333–361.
- LEWIS, V. R. Isoptera: (Termites). In: **Encyclopedia of Insects**. [s.l: s.n.]. p. 535–538.
- LIU, D. et al. Discriminating and elimination of damaged soybean seeds based on image characteristics. **Journal of Stored Products Research**, v. 60, p. 67–74, 2015.
- MARTIUS, C.; WELLER, M. Observations on dynamics of foraging hole construction of two leaf feeding, soil inhabiting Syntermes species (Insecta: Isoptera) in an Amazonian rainforest, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 3, p. 325–330, 1998.
- MAYAGAYA, V. S. et al. Non-destructive determination of age and species of *Anopheles gambiae* s.l. using near-infrared spectroscopy. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 81, n. 4, p. 622–630, 2009.
- MEVIK, B.-H.; WEHRENS, R. The pls package: Principal component and partial least squares regression in R. **J Stat Softw**, v. 18, n. 2, 2007.
- MEVIK, B. H.; CEDERKVIST, H. R. Mean squared error of prediction(MSEP) estimates for principal component regression(PCR) and partial least squares regression(PLSR). **Journal of Chemometrics**, v. 18, n. 9, p. 422–429, 2004.
- MUJINYA, B. B. et al. Spatial patterns and morphology of termite (*Macrotermes falciger*) mounds in the Upper Katanga, D.R. Congo. **Catena**, v. 114, p. 97–106, 2014.
- NANSEN, C. et al. Detection of temporal changes in insect body reflectance in response to killing agents. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.
- NARAYANAN, A. M.; GOLD, R. E. Foraging distances and forager population sizes of the desert termite *Gnathamitermes tubiformans* (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology**, v. 45, n. 1, p. 53–68, 2005.
- NEWHEY, P. S.; ROBSON, S. K. A.; CROZIER, R. H. Near-infrared spectroscopy as a tool in behavioural ecology: a case study of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina*. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 5, p. 1727–1733, 2008.
- NGEE, P. S.; LEE, C. Y. Colony characterization of a mound-building subterranean termite, *Globitermes sulphureus* (Isoptera: Termitidae) using modified single-mark recapture technique.

**Sociobiology**, v. 40, n. 3, p. 525–532, 2002.

NOIROT, C.; DARLINGTON, J. P. E. C. Termite Nests: Architecture, Regulation, and Defense. In: **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 121–139.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141–194, 1995.

OZAKI, Y. Near-infrared spectroscopy--its versatility in analytical chemistry. **Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 545–63, 2012.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: Fundamentals, practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198–219, 2003.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

PERALTA, R. C. G. et al. Wood consumption rates of forest species by subterranean termites (Isoptera) under field conditions. **Revista árvore**, v. 28, n. 2, p. 283–289, 2004.

PERDEREAU, E. et al. Variations in Worker Cuticular Hydrocarbons and Soldier Isoprenoid Defensive Secretions Within and Among Introduced and Native Populations of the Subterranean Termite, *Reticulitermes flavipes*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 11, p. 1189–1198, 2010.

PÉREZ-ENCISO, M.; TENENHAUS, M. Prediction of clinical outcome with microarray data: a partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) approach. **Human genetics**, v. 112, n. 5–6, p. 581–592, 2003.

PEREZ-MENDOZA, J. et al. Chronological Age-Grading of House Flies by Using Near-Infrared Spectroscopy. **Journal of Medical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 499–508, 2002.

PEREZ-MENDOZA, J. et al. Chronological age-grading of three species of stored-product beetles by using near-infrared spectroscopy. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 1159–1167, 2004.

PERUMAL, K.; BHASKARAN, R. Supervised classification performance of multispectral images. **Journal of Computing**, v. 2, n. 2, p. 124–129, 2010.

PUCHE, H.; SU, N. Y. Population density of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) on tunnel formation in laboratory arenas. **Sociobiology**, v. 38, n. 3 A, p. 523–530, 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, 2017.

RIZVI, T. S. et al. Application of NIR Spectroscopy Coupled with PLS Regression for Quantification of Total Polyphenol Contents from the Fruit and Aerial Parts of *Citrullus colocynthis*. **Phytochemical Analysis**, v. 29, n. 1, p. 16–22, 2018.

SANTOS, A. et al. Sampling of subterranean termites *Syntermes* spp. (Isoptera: Termitidae) in a eucalyptus plantation using point process and geostatistics. **Precision Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 421–433, 2016.

SANTOS, A. DOS. Amostragem de cupins subterrâneos em plantios de eucalipto e persistência de resíduos de fipronil em substrato de mudas e na calda inseticida. **Dissertação, Universidade Federal de Lavras**, 2008.

SCARFF, M. et al. Near infrared spectroscopy for bioprocess monitoring and control: current status and future trends. **Crit Rev Biotechnol**, v. 26, n. 1, p. 17–39, 2006.

SCHMIDT, K. Distribuição potencial de espécies de Isoptera e conservação do Cerrado. **Biologia**, p. 67, 2007.

SIEGWART, M. et al. Differentiating oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae using near-infrared spectroscopy. **Journal of Economic Entomology**, p. tou020, 2015.

SILVA, A. P. T. DA et al. Espécies de cupins (Isoptera) em cultura de eucalipto sob diferentes sistemas de manejo de irrigação, em região de transição cerrado-pantanal de Mato Grosso Do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 137–146, 2015.

SPAIN, A. V.; SINCLAIR, D. F.; DIGGLE, P. J. Spatial distributions of the mounds of harvester and forager termites (Isoptera: Termitidae.) at four locations in tropical North - Eastern. Australia. **Acta Oecologica**, v. 7, n. 4, p. 335–352, 1986.

SU, N. Y. Studies on the foraging of subterranean termites (Isoptera). **Sociobiology**, v. 37, n. 2, p. 253–260, 2000.

TIGABU, M.; ODÉN, P. C.; SHEN, T. Y. Application of near-infrared spectroscopy for the detection of internal insect infestation in *Picea abies* seed lots. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, n. 1, p. 76–84, 2004.

TSUNASHIMA, H.; YANAGISAWA, K. Measurement of Brain Function of Car Driver Using Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). **Comput Intell Neurosci**, p. 164958, 2009.

VAN WILGENBURG, E.; DRIESSEN, G.; BEUKEBOOM, L. W. Single locus complementary sex determination in Hymenoptera: An “unintelligent” design? **Frontiers in Zoology**, 2006.

WILCKEN, C. F. Damage by underground termites *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) in *Eucalyptus grandis* plantations and control with insecticides applied to the soil. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 21, n. 3, p. 329–338, 1992.

WILCKEN, C. F.; RAETANO, C. G.; FORTI, L. C. **Ter. Sociobiology. Anais...2002**

WORKMAN, J.; WEYER, L. **Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy**. [s.l.: s.n.].

YE, X. et al. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 90, n. 2, p. 132–144, 2008.

ZANETTI, R. et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1911–1918, 2000.

ZANETTI, R. et al. Level of economic damage for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 2, p. 433–442, 2003.



#### 4 Artigo 1

### NESTMATE IDENTITY OF *Syntermes grandis* (BLATTODEA: TERMITIDAE) USING NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY AND PLS-DA APPROACH

(Normas da Revista Insectes Sociaux)

#### ABSTRACT

Termites are dominant social insects in most terrestrial environments. They play an important role in soil structuring and decomposition of organic matter, but also may be important agricultural pests. Their social organization is based on nestmate recognition through the identification of cuticular hydrocarbons. Near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate analysis of the data can identify such hydrocarbons and separate individuals belonging to the same colony. The partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) with NIR was used to identify the colonial origin of the termite *Syntermes grandis* (Blattodea: Termitidae). The PLS-DA regression with NIR proved to be an accurate approach over 98% in identifying nestmates of *S. grandis* workers and soldiers. The method proved to be important for the qualitative characterization of the colonial phenotypic response of this species.

**Key-words:** Termite, cuticular hydrocarbons, colonial origin.

## 4.1 INTRODUCTION

Termites are social insects of the order Blattodea and have great species diversity in tropical ecosystems, where they decompose plants and debris with an important role in nutrient cycling and soil fertilizing and aeration (FERREIRA et al., 2011). Each termite group has different ways of exploring food resources, such as species of the genus *Syntermes*, a guild of grass-feeders (CALDERON; CONSTANTINO, 2007; CARRIJO et al., 2009). Termites of the genus *Syntermes* often reach pest status in *Eucalyptus* cultivation. These insects live in subterranean nests, feed on roots and the base of the collection of plants, causing the death of the seedlings. When present at high densities in the growing area, these insects can make replanting very costly (CONSTANTINO, 1995).

The neotropical genus *Syntermes*, restricted to the South America forests and savannas east of the Andes from Venezuela to northern Argentina, has some of the largest termites of the world. Molecular studies of termite hydrocarbons have been poorly studied, although their morphological characteristics are well documented. The *Syntermes* nests are variable and complex, and they may be underground, semi-underground with loose soil on the surface or with compact mounds on the ground (CONSTANTINO, 1995).

Part of the *S. grandis* nest is underground with soft consistency soil above the ground. This is easy to view and locate in the field, but the underground part of its nest architecture is poorly known. Other subterranean termite species have cryptic habits without a nest structure identification such as *S. molestus* and *S. nanus*, with 3 m deep nests (CONSTANTINO, 1995) and small foraging holes on the soil surface representing the only clue of their presence (MARTIUS; WELLER, 1998). These holes are openings of galleries connecting the nest and the external environment, forming the foraging territory of these termites (DARLINGTON, 1993).

Social insect colonies of the same species can be separated using different methods, including gas chromatography (GC) (KAIB et al., 2002) and near infrared spectroscopy (NIR) (ALDRICH et al., 2007; NEWAY; ROBSON; CROZIER, 2008). Individuals of the same colony have similar cuticular hydrocarbons groups (HOWARD; BLOMQUIST, 2005). However, those of different colonies ones do not exhibit similar molecular constitution of these hydrocarbons which can be detected with gas chromatography and mass spectroscopy (GC/MS) or near infrared (NIR).

The NIR is a physically non-destructive approach, rapid, reproducible and inexpensive (NANSEN et al., 2015). This technique generates absorption spectra in the near-infrared range of about 4000 to 12,500  $\text{cm}^{-1}$ . The functional groups of the molecules in the insect body have characteristic vibration frequency in certain sections of that spectrum (SCARFF et al., 2006)

providing a view of the chemical "signature" of a sample scanned (LEE; EHSANI, 2015; LIU et al., 2015).

NIR was applied to identify species and subspecies of the termites of the genus *Zootermopsis* with over 80% accuracy (ALDRICH et al., 2007) and of the cryptic ant species *Tetramorium caespitum* L., 1758 and *Tetramorium impurum* L., 1758, with an accuracy of 98.8% (BULAT; KLARICA, 2011). NIR identified netsmate of weaver ants, *Oecophylla smaragdina*, with over 76.5% accuracy (NEWAY; ROBSON; CROZIER, 2008), but the relationship between cuticular hydrocarbons in social insects of the same species and subspecies by NIR approach has not been studied. This would be important for the knowledge of the foraging area of *Syntermes*, allowing more accurate decisions to be made in the integral management of these pests. The partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) with infrared spectroscopy (NIR) was used to identify the colonial origin of *S. grandis*.

## 4.2 MATERIAL AND METHODS

### Termite data set

Six *S. grandis* colonies were identified and mapped with GPS (Global Positioning System) in pastures with predominantly *Urochloa decumbens* Stapf. vegetation in Lavras (Latitude 21°14'43", Longitude 44°59'59" and 919m of altitude), Minas Gerais State, Brazil. Each termite colony was excavated and 30 workers and 30 soldiers were collected, identified at species level and kept in 95% alcohol. The distance between the *S. grandis* colonies in the field ranged from 13.4 to 1055.5 m.

### Spectral analysis of termites using near infrared spectroscopy (NIR)

The spectral measurement of termites was made in specimens removed from alcohol, dried at room temperature for 30 minutes and placed at the dorsal position with the center of their abdomen at the spectrometer head. A Bruker® spectrometer Tensor 27 model with integral IR source issued the near-infrared reflectance (9000-7000 cm<sup>-1</sup>). The reflectance of near infrared absorbance was recorded as log (1/reflectance) at 3.85cm<sup>-1</sup> intervals, totaling 545 absorbance measurements along the spectrum. The spectrophotometer collected 256 readings per termites by measuring absorbance, producing an average spectrum. This constituted the reading database for each of the 30 workers and 30 soldiers from each of six colonies, totaling 360 insects measured.

## Statistical analysis

The spectra obtained was pre-processed to correct the baseline (baseline correction) with normal standard variables (SNV) and the linear trend by least squares was removed (detrond) (CANAZA-CAYO; ALOMAR; QUISPE, 2013). Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA), a special case of Partial Least Squares Regression (PLSR) technique for categorical variables but not quantitative (PÉREZ-ENCISO; TENENHAUS, 2003), was used to detecting a spectral pattern per *S. grandis* colony. A total of 545 absorbance measurements per individual undergone PLS-DA regression, where the effect of collinearity of the model data can be reduced, with higher efficiency and maximizing the correlation between the predictor absorbance measurements and the response variable (MEVIK; CEDERKVIST, 2004). The partial least squares regression is described by the equation:  $X = TP' + E$ ,  $Y = UQ' + F$ , where  $X$  is the predictor matrix;  $Y$  is the response matrix;  $T$ -scores =  $X$ ;  $U$  =  $Y$ -scores;  $P$  =  $X$ -loadings;  $Q$  =  $Y$ -loadings;  $E$  =  $X$ -residuals; and  $F$  =  $Y$ -residuals (GELADI; KOWALSKI, 1986; YE et al., 2008).

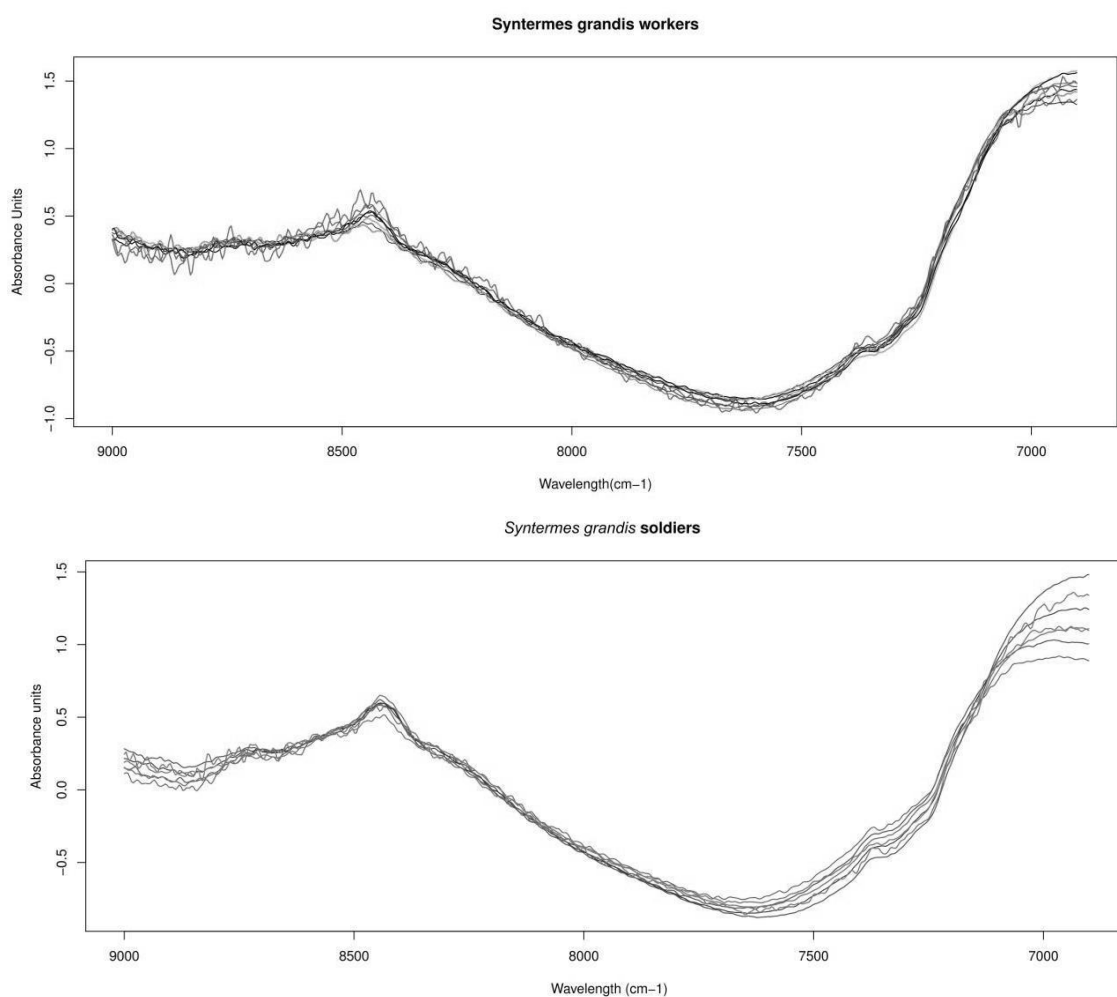
The number of main components according to the classification error rate as envisaged by the cross-validation process by leave-one-out (MEVIK; WEHRENS, 2007) was selected to minimize PLS-DA regression errors adjusted. The predictor variables to include in the PLS-DA regression were chosen with the calculation of variable importance in projection (VIP) (CORNILLON; MATZNER-LOBER, 2007), which determines the contribution of each absorbance measurement in the data set and identifies the most important measures for predicting the termite colony which belongs.

Adjustment and calibration of PLS-DA regression were conducted with a subset of 40 individuals per colony (20 workers and 20 soldiers) and the prediction in another 20 individuals of each colony (10 workers and 10 soldiers) as validation data. The PLS-DA regression adjusted was applied to the prediction of 120 termites (60 workers and 60 soldiers) used for the validation order to determine the termite colony which each belong, in valued varieties. The accuracy of the PLS-DA regression model was obtained by the simple ratio of the number of termites of each variety rightly classified per total termites analyzed. Analyses were performed using the R software (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017) and mixOmics packages (GROC et al., 2017) (GROC et al., 2017) and pracma (HUBBERT; MÜLLER, 2006).

### 4.3 RESULTS

The spectra obtained by termite colony and different castes, after pre-processing, showed a similar spectral pattern in relation to the absorbance peaks (Fig 1), as expected because they are individuals of the same species.

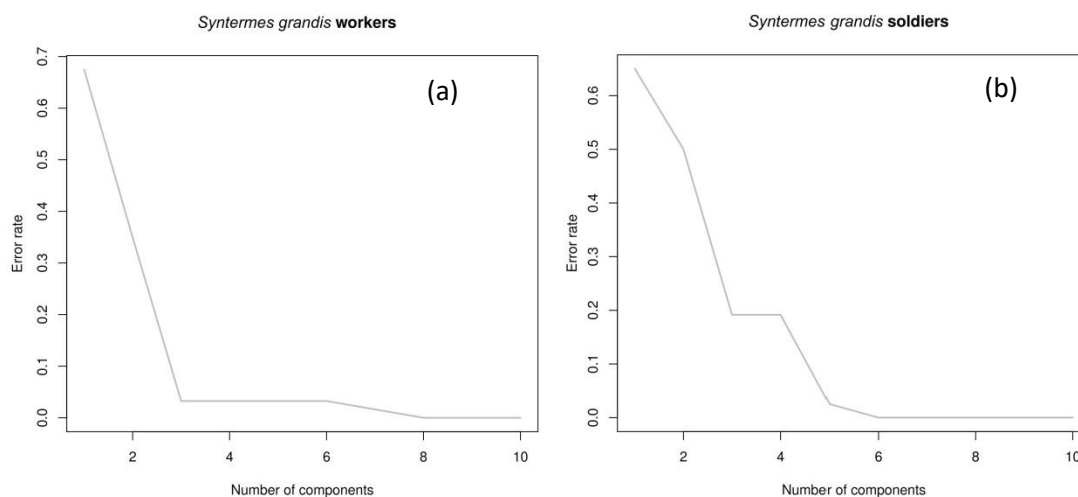
Figure 1. Absorbance of infrared spectrum ( $9000\text{-}7000\text{ cm}^{-1}$ ) to 240 workers and 240 soldiers used in setting the discriminant regression analysis by partial least squares (PLS-DA).



The error rate of cross-validation of regressions set with Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) for workers with seven main components was 0.016. The accuracy of the models set with main components 1 and 2 show greater differences, respectively, 0.675 and 0.349 (Fig 2A). The analysis of the soldier's caste showed five components with validation error of 0.025. The values were 0.650 and 0.500 for the first and second components, respectively (Fig 2B). The

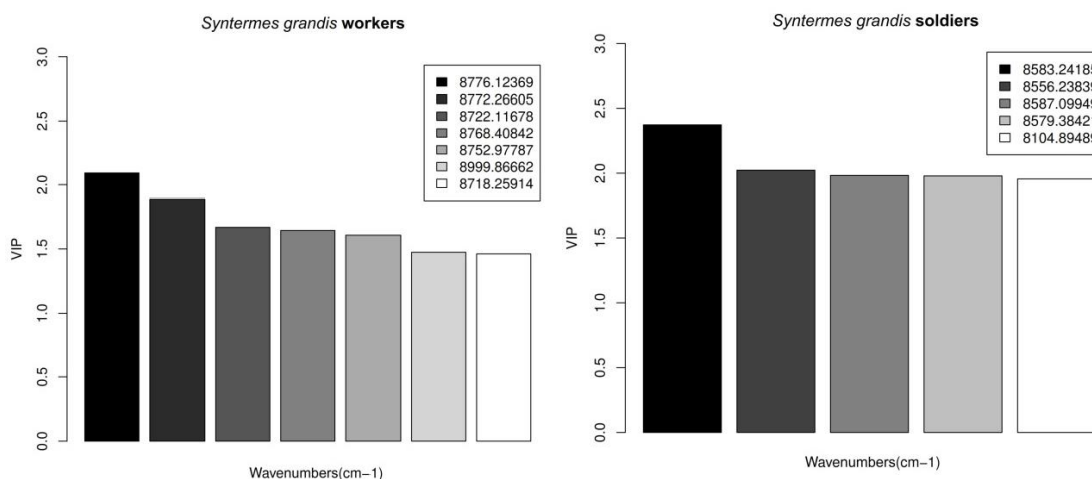
two varieties showed marked variation between them, which can be explained by lower number of principal components selected for the soldiers (five) than for the workers (seven).

Figure 2. Classification error rate of cross validation for *S. grandis* workers (A) and soldiers (B) based on adjust of the discriminant regression analysis by partial least squares (PLS-DA).



The determination of the most important absorbance measurements for the colony identification which termites belong with selection of the main in the projection variables (VIP) was performed after setting the number of main components of the model. The calculation of VIP for the workers showed seven absorbance measurements of the most important spectrum: 8776.12369cm<sup>-1</sup> (VIP = 2.0920), 8772.26605 cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.8905), 8722.11678cm<sup>-1</sup> (VIP =1.6700), 8768.40842cm<sup>-1</sup> (VIP = 1.6454), 8752.97787cm<sup>-1</sup> (VIP = 1.6082), 8999.86662cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.4740) and 8718.25914cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.4611) (Fig 3A). The most important absorbance measurements for soldiers were five: 8583.24185cm<sup>-1</sup> (VIP= 2.3727), 8556.23839 cm<sup>-1</sup> (VIP= 2.0231), 8587.09949cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.9830), 8579.38421cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.9792) and 8104.89489 cm<sup>-1</sup> (VIP= 1.9557) (Fig 3B).

Figure 3. Important variables in the projection (VIP) for *S. grandis* workers and soldiers based on adjust of the discriminant regression analysis by partial least squares (PLS-DA).



The *S. grandis* soldiers had higher VIP values than the workers. A smaller number of components was needed to define the colony to which workers belong compared to soldiers of this termite (Figs 3A and 3B). The accuracy of the model to classify workers was 99.9% (no worker misclassified) and 98.3% for soldiers (one soldier misclassified out of 60).

#### 4.4 DISCUSSION

The PLS-DA regression applied to spectrum absorbance in the near infrared proved to be a promising approach to identifying colonial origin of workers and soldiers of the termite *S. grandis*. This high accuracy in identifying corroborates reports using this technique to identify *Oecophylla smaragdina* (Fabricius, 1775) (NEWAY; ROBSON; CROZIER, 2008) or separate cryptic species of the genus *Tetramorium* (BULAT; KLARICA, 2011). The method showed extremely importance in the qualitative characterization of the colonial phenotypic response of *S. grandis*, correlating the spectral pattern to molecular data of this species as found for maize weevils (*Sitophilus zeamais* Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae) and larger black flour beetles (*Cynaues angustus* Leconte, 1851) (Coleoptera: Tenebrionidae) (NANSEN et al., 2015).

The selected wavelengths to separate workers (8718 to 9000cm-1) and soldiers (8105 to 8567cm-1) of *S. grandis* correspond to molecular vibration of the chemical group of aliphatic and

aromatic hydrocarbons (WORKMAN; WEYER, 2007). In another study with the termite *Coptotermes formosanus* Shiraki in the United States, quantitative differences in the hydrocarbon components separate castes and populations into different concentration profiles. Stepwise and canonical discriminant analysis were used to choose and display seven hydrocarbon components for workers and three for soldiers that best reveal the differences among populations. Within-population variation is low compared to the differences among populations. These results suggest that *C. formosanus* from Hallandale, Florida; New Orleans, Louisiana; and Lake Charles, Louisiana, are not related to those from Honolulu, Hawaii, and probably originated from other geographical locations (HAVERTY; NELSON; PAGE, 1990).

Variability in the spectra of soldiers and workers of *S. grandis* shows that cuticular hydrocarbons of termites can be used for recognizing individuals of the same colony and even as a chemo-taxonomic tool for groups difficult to identify (BAGINE; BRANDL; KAIB, 1994; HAVERTY et al., 1988; PERDEREAU et al., 2010). Individuals of different colonies may be separated by gas chromatography (GC) based on the hydrocarbons in insect cuticle (KAIB et al., 2002), but this technique is 1000 times more expensive than the reflectance in the near infrared (NIR) (BULAT; KLARICA, 2011). The NIR technique is cheaper and detected chemical changes in the cuticular hydrocarbons of these insects without the need of identifying the composition of these molecules.

The variation in the length of the near infrared spectrum waves of *S. grandis* workers and soldiers from the same nest may be due to differences in the abdomen of these individuals (CONSTANTINO, 1995). This region is the most homogenous body part of termites but different chemical “signatures” may have been captured due to minor morphological changes (ALDRICH et al., 2007). However, these variations in the formation of hydrocarbons do not compromise the colonial recognition of individuals of a colony.

The approach of regression discriminant analysis by partial least squares (PLS-DA) is a suitable statistical method to treat qualitative data such as species or individuals of a population or colony. Multivariate Regression by partial least squares (PLS) developed for quantitative variables were used for *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891), *Cotesia sesamiae* (Cameron, 1906) (COLE et al., 2003) and *Plemeliella abietina* Seitner, 1908 (TIGABU; ODÉN; SHEN, 2004).

This study represents a validation of the proposed use of PLS-DA regression applied to spectrum absorbance in the near infrared to the genus *Syntermes*. This may be used to establish a relationship between the foraging holes and colonial origin of other species of this genus with cryptic and subterranean nests as *Syntermes molestus* (Burmeister, 1839) and *Syntermes nanus* Constantino, 1995. This work can be used to design field ecological studies to identify colony



territorial competition and foraging behavior of termite species. The near-infrared spectroscopy (NIR) is a high-precision approach to identifying the origin of the colony of *S. grandis* workers and soldiers.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

We thank the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brazil), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brazil), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG, Brazil) and Bioecology Project for supporting our research.

#### 4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, E. S.; LEVINGS, S. C. Territory Size and Population Limits in Mangrove Termites. **Journal of Animal Ecology**, 1987. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/4967>>
- ALDRICH, B. T. et al. Identification of termite species and subspecies of the genus *Zootermopsis* using near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of insect science (Online)**, v. 7, n. 18, p. 18, 2007.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- BAGINE, R. K. N.; BRANDL, R.; KAIB, M. Species Delimitation in *Macrotermes* (Isoptera, Macrotermitidae) - Evidence from Epicuticular Hydrocarbons, Morphology, and Ecology. **Annals of the Entomological Society of America**, 1994.
- BANDEIRA, A. G. et al. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga domain, Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 1, p. 117–127, 2003.
- BARBOSA, T. M. et al. Title: A novel use of infra-red spectroscopy (NIRS and ATR-FTIR) coupled with variable selection algorithms for the identification of insect species (Diptera: Sarcophagidae) of medico-legal relevance. **Acta Tropica**, 2018.
- BULAT, M.; KLARICA, M. Recent insights into a new hydrodynamics of the cerebrospinal fluid. **Brain Research Reviews**, 2011.
- BUSCHINI, M. L. T. Spation ditribution of nests of *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae) in a pasture in the municipality of Rio Claro (SP), Brazil. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 65–72, 2006.
- CALDERON, R. A.; CONSTANTINO, R. A survey of the termite fauna (Isoptera) of an eucalypt plantation in central Brazil. **Neotropical entomology**, v. 36, n. 3, p. 391–395, 2007.
- CANAZA-CAYO, A. W.; ALOMAR, D.; QUISPE, E. Prediction of alpaca fibre quality by near-infrared reflectance spectroscopy. **Animal**, v. 7, n. 7, p. 1219–1225, 2013.
- CARRIJO, T. F. et al. Effects of pasture implantation on the termite (Isoptera) fauna in the Central Brazilian Savanna (Cerrado). **Journal of Insect Conservation**, v. 13, n. 6, p. 575–581, 2009.
- CLARK, R. N.; ROUSH, T. L. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for

- remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 89, n. B7, p. 6329–6340, 1984.
- COLE, T. J. et al. Near-infrared Spectroscopic Method to Identify *Cotesia flavipes* and *Cotesia sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, v. 96, n. 6, p. 865–869, 2003.
- CONSTANTINO, R. Revision of the neotropical termite genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). **Dept. of Entomology, University of Kansas**, v. 55, n. 13, p. 455–518, 1995.
- CORNILLON, P. A.; MATZNER-LOBER, E. **Régression : Théorie et applications**. [s.l: s.n.].
- CUNHA, H. F. Distribuição espacial de cupinzeiros epígeos de pastagem no município de Iporá-GO, Brasil. **EntomoBrasilis**, v. 4, n. 2, p. 45–48, 2011.
- DARLINGTON, J. P. E. C. The underground passages and storage pits used in foraging by a nest of the termite *Macrotermes michaelseni* in Kajiado, Kenya. **Journal of Zoology**, v. 198, n. 2, p. 237–247, 1982.
- DARLINGTON, J. P. E. C. Underground foraging passages and storage pits built by the termite *Syntermes molestus* in Goiania, Brazil (Isoptera, Termitidae). **Sociobiology**, v. 23, n. 2, p. 211, 1993.
- DOS SANTOS, A. et al. Subterranean termites (Insecta: Isoptera) sampled in sandy and sandy-clay soils at minas gerais Cerrado, Brazil. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 633–642, 2011.
- DOWELL, F. E. et al. Sex separation of tsetse fly pupae using near-infrared spectroscopy. **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, n. 3, p. 249–257, 2005.
- ELEOTERIO, E. S. R. et al. Levantamento e identificação de cupins (Insecta: Isoptera) em área urbana de Piracicaba, SP. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 1, p. 125–139, 2000.
- FERREIRA, E. V. O. et al. Termites action on the soil. **Ciencia Rural**, v. 41, n. 5, 2011.
- GELADI, P.; KOWALSKI, B. R. Partial least-squares regression: a tutorial. **Anal Chim Acta**, v. 185, p. 1–17, 1986.
- GREAVES, T. Termites as forest pests. **Australian Forestry**, v. 23, n. 2, p. 114–120, 1959.
- GROC, S. et al. Litter-dwelling ants as bioindicators to gauge the sustainability of small arboreal

monocultures embedded in the Amazonian rainforest. **Ecological Indicators**, v. 82, n. June, p. 43–49, 2017.

HALL, M. H.; DUTRO, S. M.; KLOWDEN, M. J. Determination by near-infrared reflectance spectroscopy of mosquito (Diptera: Culicidae) bloodmeal size. **Journal of medical entomology**, v. 27, n. 1, p. 76–79, 1990.

HAVERTY, M. I. et al. Cuticular hydrocarbons of dampwood termites, *Zootermopsis*: Intra- and intercolony variation and potential as taxonomic characters. **Journal of Chemical Ecology**, v. 14, n. 3, p. 1035–1058, 1988.

HAVERTY, M. I.; NELSON, L. J.; PAGE, M. Cuticular hydrocarbons of four populations of *Coptotermes formosanus* Shiraki in the united states. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, n. 5, p. 1635–1647, 1990.

HOLT, J. A.; EASEY, J. F. Polycalic colonies of some mound building termites (Isoptera: Termitidae) in northeastern Australia. **Insectes Sociaux**, v. 32, n. 1, p. 61–69, 1985.

HOWARD, R. W. H.; BLOMQUIST, G. J. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 50, p. 371–93, 2005.

HUBBERT, S.; MÜLLER, S. Interpolation with circular basis functions. **Numerical Algorithms**, v. 42, n. 1, p. 75–90, 2006.

ISHIKAWA, D. et al. Recent progress of near-infrared (NIR) imaging--development of novel instruments and their applicability for practical situations--. **Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry**, v. 30, n. January, p. 143–50, 2014.

KAIB, M. et al. Cuticular hydrocarbons in a termite: Phenotypes and a neighbour-stranger effect. **Physiological Entomology**, v. 27, n. 3, p. 189–198, 2002.

KORB, J. **Termites** *Current Biology*, 2007.

KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. Biology of Termites. **Anzeiger f??r Sch??dlingskunde und Pflanzenschutz**, v. 42, n. 5, p. 79, 1969.

LEE, W. S.; EHSANI, R. Sensing systems for precision agriculture in Florida. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 112, p. 2–9, 2015.

- LEPAGE, M.; DARLINGTON, J. P. E. C. Population dynamics of termites. In: **Termites Evolution Sociality Symbioses Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 333–361.
- LEWIS, V. R. Isoptera: (Termites). In: **Encyclopedia of Insects**. [s.l: s.n.]. p. 535–538.
- LIU, D. et al. Discriminating and elimination of damaged soybean seeds based on image characteristics. **Journal of Stored Products Research**, v. 60, p. 67–74, 2015.
- MARTIUS, C.; WELLER, M. Observations on dynamics of foraging hole construction of two leaf feeding, soil inhabiting Syntermes species (Insecta: Isoptera) in an Amazonian rainforest, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 3, p. 325–330, 1998.
- MAYAGAYA, V. S. et al. Non-destructive determination of age and species of *Anopheles gambiae* s.l. using near-infrared spectroscopy. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 81, n. 4, p. 622–630, 2009.
- MEVIK, B.-H.; WEHRENS, R. The pls package: Principal component and partial least squares regression in R. **J Stat Softw**, v. 18, n. 2, 2007.
- MEVIK, B. H.; CEDERKVIST, H. R. Mean squared error of prediction(MSEP) estimates for principal component regression(PCR) and partial least squares regression(PLSR). **Journal of Chemometrics**, v. 18, n. 9, p. 422–429, 2004.
- MUJINYA, B. B. et al. Spatial patterns and morphology of termite (*Macrotermes falciger*) mounds in the Upper Katanga, D.R. Congo. **Catena**, v. 114, p. 97–106, 2014.
- NANSEN, C. et al. Detection of temporal changes in insect body reflectance in response to killing agents. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.
- NARAYANAN, A. M.; GOLD, R. E. Foraging distances and forager population sizes of the desert termite *Gnathamitermes tubiformans* (Isoptera: Termitidae). **Sociobiology**, v. 45, n. 1, p. 53–68, 2005.
- NEWHEY, P. S.; ROBSON, S. K. A.; CROZIER, R. H. Near-infrared spectroscopy as a tool in behavioural ecology: a case study of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina*. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 5, p. 1727–1733, 2008.
- NGEE, P. S.; LEE, C. Y. Colony characterization of a mound-building subterranean termite, *Globitermes sulphureus* (Isoptera: Termitidae) using modified single-mark recapture technique.

**Sociobiology**, v. 40, n. 3, p. 525–532, 2002.

NOIROT, C.; DARLINGTON, J. P. E. C. Termite Nests: Architecture, Regulation, and Defense. In: **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 121–139.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 52, n. 2, p. 141–194, 1995.

OZAKI, Y. Near-infrared spectroscopy--its versatility in analytical chemistry. **Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 545–63, 2012.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: Fundamentals, practical aspects and analytical applications. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 2, p. 198–219, 2003.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

PERALTA, R. C. G. et al. Wood consumption rates of forest species by subterranean termites (Isoptera) under field conditions. **Revista árvore**, v. 28, n. 2, p. 283–289, 2004.

PERDEREAU, E. et al. Variations in Worker Cuticular Hydrocarbons and Soldier Isoprenoid Defensive Secretions Within and Among Introduced and Native Populations of the Subterranean Termite, *Reticulitermes flavipes*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 11, p. 1189–1198, 2010.

PÉREZ-ENCISO, M.; TENENHAUS, M. Prediction of clinical outcome with microarray data: a partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) approach. **Human genetics**, v. 112, n. 5–6, p. 581–592, 2003.

PEREZ-MENDOZA, J. et al. Chronological Age-Grading of House Flies by Using Near-Infrared Spectroscopy. **Journal of Medical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 499–508, 2002.

PEREZ-MENDOZA, J. et al. Chronological age-grading of three species of stored-product beetles by using near-infrared spectroscopy. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 1159–1167, 2004.

PERUMAL, K.; BHASKARAN, R. Supervised classification performance of multispectral images. **Journal of Computing**, v. 2, n. 2, p. 124–129, 2010.

- PUCHE, H.; SU, N. Y. Population density of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) on tunnel formation in laboratory arenas. **Sociobiology**, v. 38, n. 3 A, p. 523–530, 2001.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, 2017.
- RIZVI, T. S. et al. Application of NIR Spectroscopy Coupled with PLS Regression for Quantification of Total Polyphenol Contents from the Fruit and Aerial Parts of *Citrullus colocynthis*. **Phytochemical Analysis**, v. 29, n. 1, p. 16–22, 2018.
- SANTOS, A. et al. Sampling of subterranean termites *Syntermes* spp. (Isoptera: Termitidae) in a eucalyptus plantation using point process and geostatistics. **Precision Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 421–433, 2016.
- SANTOS, A. DOS. Amostragem de cupins subterrâneos em plantios de eucalipto e persistência de resíduos de fipronil em substrato de mudas e na calda inseticida. **Dissertação, Universidade Federal de Lavras**, 2008.
- SCARFF, M. et al. Near infrared spectroscopy for bioprocess monitoring and control: current status and future trends. **Crit Rev Biotechnol**, v. 26, n. 1, p. 17–39, 2006.
- SCHMIDT, K. Distribuição potencial de espécies de Isoptera e conservação do Cerrado. **Biologia**, p. 67, 2007.
- SIEGWART, M. et al. Differentiating oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae using near-infrared spectroscopy. **Journal of Economic Entomology**, p. tou020, 2015.
- SILVA, A. P. T. DA et al. Espécies de cupins (isoptera) em cultura de eucalipto sob diferentes sistemas de manejo de irrigação, em região de transição cerrado-pantanal de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 137–146, 2015.
- SPAIN, A. V.; SINCLAIR, D. F.; DIGGLE, P. J. Spatial distributions of the mounds of harvester and forager termites (Isoptera: Termitidae.) at four locations in tropical North - Eastern. Australia. **Acta Oecologica**, v. 7, n. 4, p. 335–352, 1986.
- SU, N. Y. Studies on the foraging of subterranean termites (Isoptera). **Sociobiology**, v. 37, n. 2, p. 253–260, 2000.

TIGABU, M.; ODÉN, P. C.; SHEN, T. Y. Application of near-infrared spectroscopy for the detection of internal insect infestation in *Picea abies* seed lots. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, n. 1, p. 76–84, 2004.

TSUNASHIMA, H.; YANAGISAWA, K. Measurement of Brain Function of Car Driver Using Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). **Comput Intell Neurosci**, p. 164958, 2009.

VAN WILGENBURG, E.; DRIESSEN, G.; BEUKEBOOM, L. W. **Single locus complementary sex determination in Hymenoptera: An “unintelligent” design?** *Frontiers in Zoology*, 2006.

WILCKEN, C. F. Damage by underground termites *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) in *Eucalyptus grandis* plantations and control with insecticides applied to the soil. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v. 21, n. 3, p. 329–338, 1992.

WILCKEN, C. F.; RAETANO, C. G.; FORTI, L. C. **Ter. Sociobiology. Anais...**2002

WORKMAN, J.; WEYER, L. **Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy**. [s.l: s.n.].

YE, X. et al. Potential of airborne hyperspectral imagery to estimate fruit yield in citrus. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 90, n. 2, p. 132–144, 2008.

ZANETTI, R. et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1911–1918, 2000.

ZANETTI, R. et al. Level of economic damage for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 2, p. 433–442, 2003.



## 5 ARTIGO 2

### ESTIMATIVA DA ÁREA DE FORRAGEAMENTO DE *Syntermes nanus* (BLATTODEA: TERMITIDAE) COM O USO DE NIR COMBINADO À ESTATÍSTICA ESPACIAL

#### RESUMO

Os ninhos do cupim *Syntermes nanus* são subterrâneos e são detectáveis apenas pelos orifícios externos de forrageamento. Pesquisas tentam estimar o tamanho desses ninhos ou da sua área de forrageamento para inferir sobre sua capacidade de dano em cultivos florestais. Portanto, o objetivo desse trabalho foi estimar a área de forrageamento de *Syntermes nanus* com o uso de NIR combinado à estatística espacial. Para cada inseto, o espectrofotômetro automaticamente coletou 15 leituras que produziram um espectro médio. Para a análise dos dados gerados visando à detecção de um padrão espectral para cada ninho, foi empregado o modelo matemático de mínimos quadrados parciais (PLS), o número de variáveis latentes foi definido através de validação cruzada empregando-se as amostras de um conjunto advindo de calibração. Os espectros mais correlacionados entre si pela análise de componentes principais (PCA) dentre os 1556 comprimentos de onda coletados foram os dez espectros no intervalo de 7020,89648 cm<sup>-1</sup> a 7055,16524cm<sup>-1</sup>, a cada 3,85764 cm<sup>-1</sup>, que coincide com os maiores valores de absorbância encontrados. A metodologia testada não possibilitou a identificação de indivíduos oriundos de uma mesma colônia, provavelmente pelo pequeno número de cupins utilizados por orifício, associado a uma sutil modificação nos hidrocarbonetos cuticulares que identificam a colônia dos mesmos não ter sido “capturada” pela abordagem da PERMANOVA empregada, que é exigente em relação aos intervalos de confiança gerados para a separação ou não dos mesmos. Refinamentos com outras abordagens multivariadas se fazem necessárias para um resultado mais assertivo, caso haja possibilidade de separação colonial pelo emprego do NIR aplicado aos hidrocarbonetos cuticulares de cupins. Concluímos que a técnica de NIR não permitiu a separação de colônias do cupim *Syntermes nanus*, impossibilitando a determinação da área de forrageamento dessa espécie.

**Palavras-chaves:** cupins; forrageamento; hidrocarbonetos cuticulares

#### ABSTRACT

*Syntermes nanus* termite nests are subterranean and are only detectable by external foraging holes. Research attempts to estimate the size of these nests or their foraging area to infer their ability to damage forest crops. Therefore, the objective of this study was to estimate the foraging area of *Syntermes nanus* with the use of NIR combined with spatial statistics. For each insect, the spectrophotometer automatically collected 15 readings that produced a mean spectrum. For the analysis of the data generated to detect a spectral pattern for each nest, the mathematical model of partial least squares (PLS) was used, the number of latent variables was defined through cross validation using the samples of a set coming calibration. The spectra most correlated to each other by principal component analysis (PCA) among the 1556 wavelengths collected were the ten spectra in the range of 7020.89648 cm<sup>-1</sup> to 7055.1655 cm<sup>-1</sup>, each 3.85764 cm<sup>-1</sup>, which coincides with the highest absorbance values found. The methodology tested did not allow the identification of individuals from the same colony, probably due to the small number of termites used per hole, associated to a subtle modification in the cuticular hydrocarbons that identify the colony of the same ones not to have been "captured" by the approach of PERMANOVA employed, which is demanding in relation to the confidence intervals generated for the separation of the same. Refinements with other multivariate approaches are necessary for a more assertive result if there is a possibility of colonial separation by the use of NIR applied to termite cuticular hydrocarbons. We conclude that the NIR technique did not allow the separation of colonies of the termite *Syntermes nanus*, making it impossible to determine the foraging area of this species.

**Keywords:** termites; cuticular hydrocarbons; foraging

## 5.1 INTRODUÇÃO

Os ninhos subterrâneos de cupins geralmente dispõem de uma arquitetura que permite o controle do microclima interno e a segurança contra a predação. No caso de *Syntermes*, o ninho serve também como local de estoque de alimento forrageado (ALDRICH et al., 2007) (NOIROT; DARLINGTON, 2000), permitindo comportar uma população média de 34.000 indivíduos (LEPAGE; DARLINGTON, 2000). As estruturas dos ninhos de *Syntermes* são variáveis e complexas, podendo ser completamente subterrâneos, subterrâneos com terra solta na superfície do solo e montículos compactos sobre o solo (CONSTANTINO, 1995). Porém, as espécies-praga de maior importância econômica como *S. molestus* e *S. nanus* são estritamente subterrâneos e localizados à 3m de profundidade (CONSTANTINO, 1995), tendo orifícios de forrageamento na superfície do solo, como único indício da sua presença no local (MARTIUS; WELLER, 1998).

Estes orifícios são aberturas de galerias que comunicam o ninho ao meio externo e formam o território ou área de forrageamento destes cupins (DARLINGTON, 1993; MARTIUS; WELLER, 1998), no entanto, até o presente momento não se conhece o tamanho dessa área e se diferentes colônias podem compartilhar o mesmo território. Tal informação é importante para o desenvolvimento de programas de manejo desses cupins.

Atualmente, os estudos bioecológicos, levantamento de espécies e monitoramento destes cupins são realizados através de índices populacionais, sendo a contagem dos orifícios de forrageamento o parâmetro de avaliação mais utilizado (DOS SANTOS et al., 2011; MARTIUS; WELLER, 1998). Porém, esse parâmetro não permite representar a densidades dos ninhos por unidade de área como para formigas cortadeiras (ZANETTI et al., 2000, 2003) e para o cupim-de-montículo *Cornitermes spp.* (BUSCHINI, 2006), portanto, trabalhos que elucidarem esse problema permitiria uma melhor compreensão bioecológica destes insetos. Do ponto de vista do manejo integrado de pragas, a determinação da área de forrageamento destes cupins permitirá a elaboração de desenhos amostrais mais precisos e possibilitará a estimativa de dano econômico com base no tamanho do ninho.

Uma maneira de estimar a área de forrageamento desses cupins é identificar a origem colonial dos orifícios. Existem atualmente metodologias que permitem separar insetos sociais que pertencem a diferentes colônias dentro da mesma espécie, como o emprego da cromatografia gasosa (CG) (KAIB et al., 2002) e a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) (ALDRICH et al., 2007; NEWAY; ROBSON; CROZIER, 2008). Essa separação é possível devido aos cupins discriminarem indivíduos da mesma colônia pela constituição de seus hidrocarbonetos cuticulares (HOWARD; BLOMQUIST, 2005), portanto, indivíduos de colônias distintas vão apresentar diferente constituição molecular destes hidrocarbonetos que são detectadas quando submetidos

tanto a análises com CG como NIR. Grande parte dos trabalhos tem sido produzida com o NIR por ser mais rápido e barato quando comparado a CG (NEWHEY; ROBSON; CROZIER, 2008).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi identificar os indivíduos da mesma colônia para estimar a área de forrageamento de *Syntermes nanus* (Blattodea: Termitidae) com o uso de NIR combinado à estatística espacial.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido numa área de implantação de eucalipto no município de Três Marias, Minas Gerais, Brasil (18° 12' 21" S; 45° 14' 31" W; e altitude de 538 m). A área era originalmente constituída pelo bioma Cerrado, onde se concentra a maioria das florestas cultivadas com eucalipto no Brasil. O local amostrado era plano com domínio de *Brachiaria decumbens*, gramíneas, arbustos e árvores do cerrado de pequeno porte espaçadas. Pertence à classe climática Aw (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007), constituída pelo clima tropical úmido de savana.

Foi selecionado um talhão de 33,6 ha destinado para a implantação com eucalipto, onde foi previamente constatada a presença de cupins subterrâneos do gênero *Syntermes*. Foram locadas 22 parcelas de 100×100m sistematicamente distribuídas e mais 8 pontos aleatoriamente distribuídos na área. Parcelas circulares de 5m de raio (78,54m<sup>2</sup>) foram marcadas no centro de cada parcela retangular. No centro de cada parcela circular foi instalado um tripé dotado de bussola, trena à laser digital e GPS (Global Position System). Todos os orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus* do interior da parcela circular foram localizados, marcados com estaca. Foi medida a distância de cada orifício até o ponto central da parcela e o ângulo entre eles para gerar um mapa da distribuição dos orifícios dentro da parcela.

Todos cupins presentes foram coletados em cada orifício ativo, sendo posteriormente mantidos em álcool a 80%, morfo-especiados e identificados ao nível de espécie. As coletas foram noturnas e diárias, a partir do horário de pico destes cupins, entre 23:00h e 00:00h (Barbosa, 1993), durante o período de quinze dias.

Para determinação da correspondência entre os orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus* com o ninho foi utilizada a técnica de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), que permite determinar o padrão espectral intracolônial de cada indivíduo coletado (NEWHEY; ROBSON; CROZIER, 2008).

Para a medição espectral dos cupins foi utilizada o método utilizado por Aldrich et al. (2007), no qual os espécimes foram removidos do álcool e secos a temperatura ambiente por 30 minutos, sendo posteriormente posicionados na posição dorsal com centro do abdômen sobre o leitor do

espectrômetro. A reflectância infravermelha próxima (9000-7000  $\text{cm}^{-1}$ ) foi emitida por um espectrômetro Bruker®, modelo Tensor 27 com fonte de integral IR. As reflectâncias de infravermelho próximo foram gravadas como absorbância ou  $\log(1/\text{reflectância})$  em intervalos de  $3,85\text{cm}^{-1}$ , totalizando 545 medidas de absorbância ao longo do espectro. Para cada inseto, o espectrofotômetro coletou 256 leituras de cada medida de absorbância, que produziram um espectro médio e constituiu-se no banco de dados de leituras para cada um dos operários e soldados coletados em cada orifício. Os espectros obtidos passaram por uma fase de pré-processamento, constituído por correção da linha base (baseline correction), primeiro utilizando filtro linear constituído por médias móveis (TSUNASHIMA; YANAGISAWA, 2009), seguido de interpolação spline, normalizada pela divisão dos dados observados pela linha interpolada (CLARK; ROUSH, 1984).

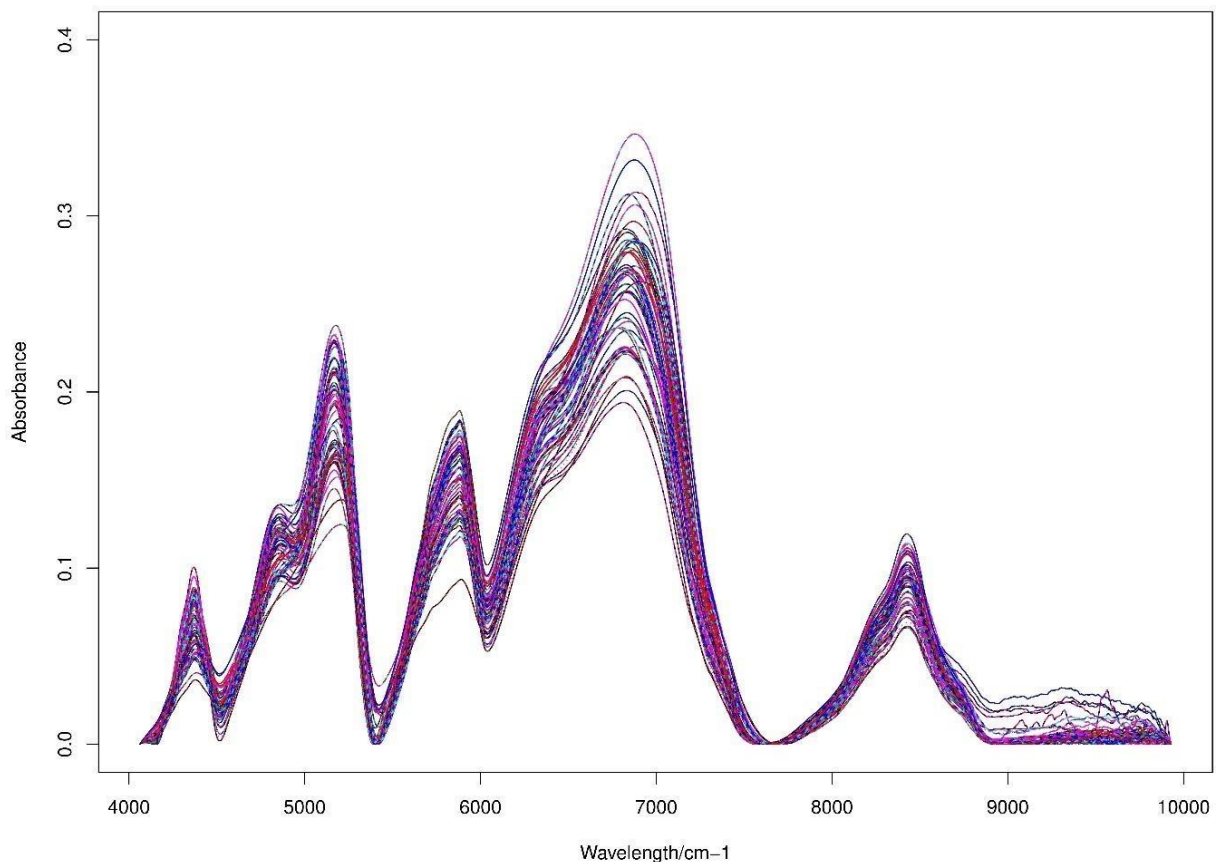
Para cada inseto, o espectrofotômetro automaticamente coletou 15 leituras que produziram um espectro médio. Para a análise dos dados gerados visando a detecção de um padrão espectral para cada ninho de *Syntermes*, foi empregado o modelo matemático de mínimos quadrados parciais (PLS), o número de variáveis latentes foi definido através de validação cruzada empregando-se as amostras de um conjunto advindo de calibração. Os indivíduos oriundos de orifícios com mesmo padrão espectral possibilitaram a discriminação entre orifícios de forrageamento pertencentes ao mesmo ninho.

Para a determinação de um padrão intracolônia entre os orifícios que permitisse o reconhecimento de orifícios de forrageamento que pertencem a mesma colônia foi utilizado, inicialmente, uma análise de componentes principais para a escolha das 10 variáveis resposta mais correlacionadas entre si e, posteriormente, foi realizada um contraste par a par entre cada orifício de forrageamento, utilizando a análise de variância permutativa multivariada (PERMANOVA) (ANDERSON, 2001) com distância de Mahalanobis (PERUMAL; BHASKARAN, 2010), para permitir uma análise sem viés, com um nível de significância de  $<0,05$ , usando 999 simulações. Para calibração da metodologia foram utilizados 30 operários de cupins de uma mesma colônia da espécie *Syntermes grandis* (Rambur, 1842) com grupo externo. As análises estatísticas foram realizadas com o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2017).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

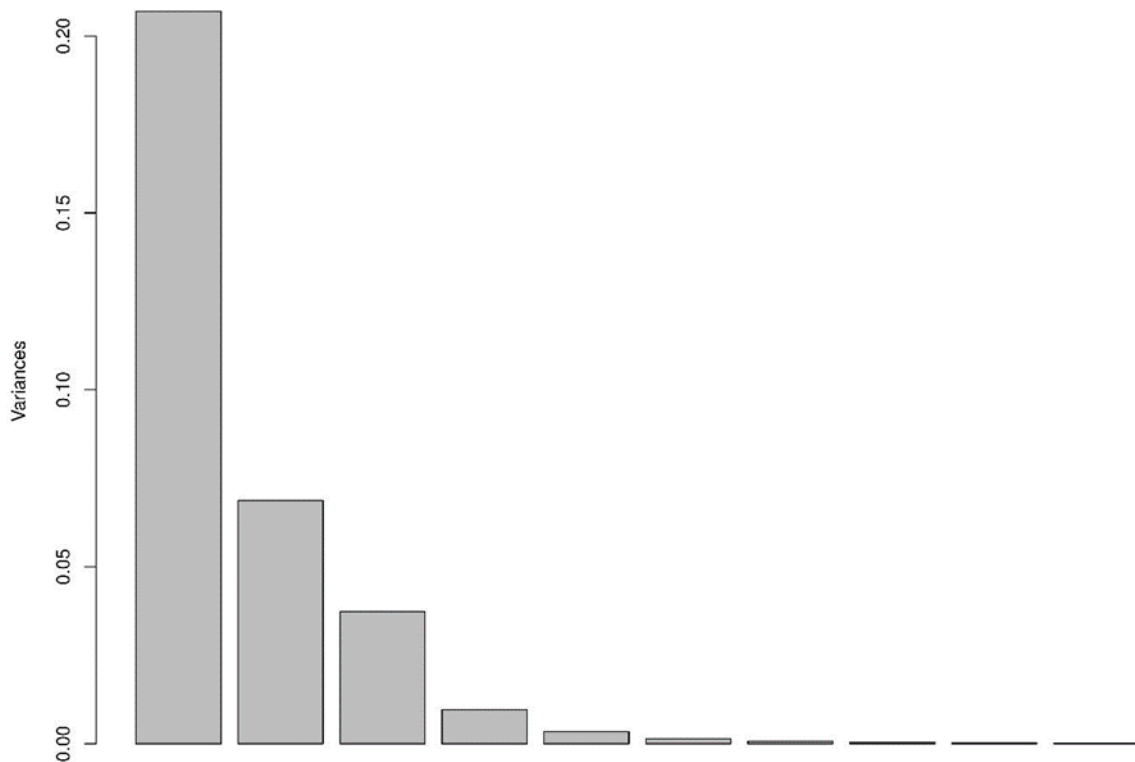
A medição espectral dos cupins utilizando o NIR resultou em 424 espectros, um espectro médio para cada operário analisado, correspondentes a 52 orifícios diferentes coletados, em cada orifício foram coletados números de operários que variaram de 8 a 23 operários (Figura 1). Existe similaridade espectral aparente nos picos observados, sendo as análises subsequentes realizadas sobre os valores observados na amplitude espectral coletada (Figura 1).

Figura 1. Absorbância do espectro no infravermelho próximo (10000-4000  $\text{cm}^{-1}$ ) para 424 operários coletados em 52 orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus*, após correção da linha base.



Os espectros mais correlacionados entre si pela análise de componentes principais (PCA) dentre os 1556 comprimentos de onda coletados foram os dez espectros no intervalo de 7020,89648  $\text{cm}^{-1}$  a 7055,16524  $\text{cm}^{-1}$ , a cada 3,85764  $\text{cm}^{-1}$ , que coincide com os maiores valores de absorvância encontrados (Figura 2). A maior variância explicada se concentrou no primeiro componente principal e a partir de seis componentes, não houve mais acréscimo de variância.

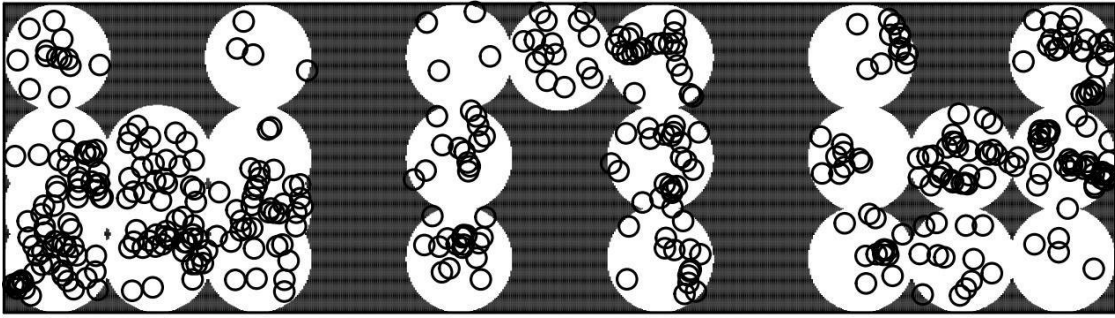
Figura 2. Espectros mais correlacionados entre si com dez componentes pela análise de componentes principais (PCA) para 424 operários coletados em 52 orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus*.



As dez bandas espectrais mais correlacionadas entre si mostraram diferenças entre as colônias de cupins estudados pela Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) usando distância de Mahalanobis (Pseudo-F= 1626,9;  $p=0,001$ ; GL=51). A análise de contraste para a par usando a PERMANOVA foi empregada para estimar indivíduos de colônias semelhantes e diferentes (Tabela 1A).

O desdobramento par a par dos espectros não evidenciou semelhança entre os espectros e cada orifício de *S. nanus*. Isso significa que cada orifício deve ser considerado com uma colônia do ponto de vista estatístico/matemático (Tabela 1A e Figura 3). No entanto, isso não parece provável em termos biológicos, uma vez que alguns orifícios são muito próximos de outros. Ainda é necessário refinamento de cálculo para demonstrar se esse resultado se encontra correto, no entanto, o presente resultado não permitiu o cálculo da área de forrageamento dessa espécie de cupim pela abordagem empregada, baseada na suposição que cada orifício de *S. nanus* é uma colônia.

Figura 3. Representação dos orifícios de forrageamento de *Syntermes nanus* amostrados em campo.



O método testado não possibilitou a identificação de indivíduos oriundos de uma mesma colônia, provavelmente pelo pequeno número de cupins utilizados por orifício (8 indivíduos), associado a uma sutil modificação nos hidrocarbonetos cuticulares que identificam a colônia dos mesmos não ter sido “capturada” pela abordagem da PERMANOVA empregada, que é exigente em relação aos intervalos de confiança gerados para a separação ou não dos mesmos (Tabela 1).

Refinamentos com outras abordagens multivariadas se fazem necessários para um resultado mais assertivo, caso haja possibilidade de separação colonial pelo emprego do NIR aplicado aos hidrocarbonetos cuticulares de cupins. Portanto, a metodologia aplicada para *S. grandis* não foi adequada para separar indivíduos da mesma colônia de *S. nanus*, pois o maior valor amostral encontrado foi de 23 operários, indicando que um número maior de indivíduos ( $n=30$ ) deve ser considerado para se obter êxito na separação da origem colonial de *S. nanus* com a metodologia proposta. Em função disso, não foi possível determinar a área de forrageamento dessa espécie com o uso do NIR.

O trabalho de (NEWHEY; ROBSON; CROZIER, 2008) verificou que os indivíduos dentro de uma mesma colônia eram em média significativamente mais semelhantes do que indivíduos de outras colônias. Esse estudo ampliou os achados de (VAN WILGENBURG; DRIESSEN; BEUKEBOOM, 2006), e confirma que em grandes colônias de formigas, os ninhos individuais variam em seu perfil químico. Pequenas variações no micro-habitat, na dieta e troca imperfeita de componentes químicos entre ninhos, provavelmente são responsáveis por essas diferenças. Em cupins existe pouca variação química dentro das colônias, pois os indivíduos são relativamente semelhantes, variando a quantidade de hidrocarbonetos dentro de cada casta. Embora a técnica do NIR tenha conseguido separar colônias de *S. grandis*, são necessários mais estudos para aprimorar essa técnica para separar colônias de *S. nanus*.

No trabalho realizado por (ALDRICH et al., 2007) a espectroscopia de refletância no infravermelho próximo permitiu a identificação de espécies e subespécies de *Zootermopsis* com uma precisão média de 95% usando análise de mínimos quadrados parciais e 100% usando análise



de redes neurais. Em resumo, os resultados mostraram que os espectros de refletância no infravermelho próximo analisados por mínimos quadrados parciais ou análise espectral de redes neurais podem ser usados para identificar rápida e precisamente espécies e subespécies de *Zootermopsis*. Em nosso presente trabalho a tecnologia do NIR não conseguiu separar os indivíduos de diferentes ninhos e algumas atribuições podem ser dadas a esse fato. Os cupins do gênero *Syntermes* são semelhantes biologicamente, apresentam organização em ninhos subterrâneos e muitos trabalhos mostram que cupins não são insetos territorialistas, pois aceitam inquilinos diversos, sejam eles outras colônias ou outras espécies de cupins. Isso pode explicar o fato de haver sobreposição de ninhos e a técnica do NIR não conseguir separar os indivíduos.

Concluimos que a técnica de NIR não permitiu a separação de colônias do cupim *Syntermes nanus*, impossibilitando a determinação da área de forrageamento dessa espécie.

## 5.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDRICH, B. T. et al. Identification of termite species and subspecies of the genus *Zootermopsis* using near-infrared reflectance spectroscopy. **Journal of insect science (Online)**, v. 7, n. 18, p. 18, 2007.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32–46, 2001.
- BUSCHINI, M. L. T. Spation ditribution of nests of *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae) in a pasture in the municipality of Rio Claro (SP), Brazil. **Ambiência**, v. 2, n. 1, p. 65–72, 2006.
- CLARK, R. N.; ROUSH, T. L. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing applications. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, v. 89, n. B7, p. 6329–6340, 1984.
- CONSTANTINO, R. Revision of the neotropical termite genus *Syntermes* Holmgren (Isoptera: Termitidae). **Dept. of Entomology, University of Kansas**, v. 55, n. 13, p. 455–518, 1995.
- DARLINGTON, J. P. E. C. Underground foraging passages and storage pits built by the termite *Syntermes molestus* in Goiania, Brazil (Isoptera, Termitidae). **SOCIOBIOLOGY**, v. 23, n. 2, p. 211, 1993.
- DOS SANTOS, A. et al. Subterranean termites (Insecta: Isoptera) sampled in sandy and sandy-clay soils at minas gerais Cerrado, Brazil. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 633–642, 2011.
- HOWARD, R. W. H.; BLOMQUIST, G. J. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. **Annu. Rev. Entomol.**, v. 50, p. 371–93, 2005.
- KAIB, M. et al. Cuticular hydrocarbons in a termite: Phenotypes and a neighbour-stranger effect. **Physiological Entomology**, v. 27, n. 3, p. 189–198, 2002.
- LEPAGE, M.; DARLINGTON, J. P. E. C. Population dynamics of termites. In: **Termites Evolution Sociality Symbioses Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 333–361.
- MARTIUS, C.; WELLER, M. Observations on dynamics of foraging hole construction of two leaf feeding, soil inhabiting *Syntermes* species (Insecta: Isoptera) in an Amazonian rainforest, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 3, p. 325–330, 1998.

NEWEY, P. S.; ROBSON, S. K. A.; CROZIER, R. H. Near-infrared spectroscopy as a tool in behavioural ecology: a case study of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina*. **Animal Behaviour**, v. 76, n. 5, p. 1727–1733, 2008.

NOIROT, C.; DARLINGTON, J. P. E. C. Termite Nests: Architecture, Regulation, and Defense. In: **Termites: Evolution, Sociality, Symbiosis Ecology**. [s.l: s.n.]. p. 121–139.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633–1644, 2007.

PERUMAL, K.; BHASKARAN, R. Supervised classification performance of multispectral images. **Journal of Computing**, v. 2, n. 2, p. 124–129, 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Development Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**, 2017.

TSUNASHIMA, H.; YANAGISAWA, K. Measurement of Brain Function of Car Driver Using Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS). **Comput Intell Neurosci**, p. 164958, 2009.

VAN WILGENBURG, E.; DRIESSEN, G.; BEUKEBOOM, L. W. **Single locus complementary sex determination in Hymenoptera: An “unintelligent” design?** *Frontiers in Zoology*, 2006.

ZANETTI, R. et al. Influência da espécie cultivada e da vegetação nativa circundante na densidade de saúveiros em eucaliptais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1911–1918, 2000.

ZANETTI, R. et al. Level of economic damage for leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Eucalyptus plantations in Brazil. **Sociobiology**, v. 42, n. 2, p. 433–442, 2003.

**Tabela 1 A (Anexo).** Desdobramento da PERMANOVA pela distância de Mahalanobis para comparação de espectros dos 52 orifícios de *Syntermes nanus*.

Par de Pontos	Valor teste	GL	p	p	significância
grandis-P12A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P12B	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
grandis-P12C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
grandis-P12D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P12E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P13A	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
grandis-P142	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P148	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
grandis-P15D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P15E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P15F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P15G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P15H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P15I	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P15J	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P16A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P16B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P16C	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
grandis-P16D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P16F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
grandis-P16G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
grandis-P16H	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P16K	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P1A	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P21A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P27C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P27E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P2A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P2D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P3B	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
grandis-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P3F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P6A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*

grandis-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
grandis-P7E	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
grandis-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
grandis-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P12B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12A-P12C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P12D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P12E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P13A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P142	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P148	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P12A-P15D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P15E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P15F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P15G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P15H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P15I	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P15J	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P16C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P16G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P21A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P2A	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12A-P2D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P2F	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P12A-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P3A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P3B	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P12A-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P7B	9.22689E+16	1	0.003	0.003	*
P12A-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12A-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P7F	1.30449E+17	1	0.002	0.002	*
P12A-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12A-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P12C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12B-P12D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P12E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P13A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P142	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P148	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P12B-P15D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P15E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P15F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P15G	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P12B-P15H	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P12B-P15I	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P15J	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12B-P16A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P16C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P16E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P1A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P21A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P27B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P27C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P2A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P2D	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P2G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12B-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P37	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P3B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*

P12B-P3D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P3E	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P6C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12B-P7B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12B-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P7G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12B-P7H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P12D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P12E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P13A	8.40672E+16	1	0.003	0.003	*
P12C-P142	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P148	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12C-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P12C-P15D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P15E	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P15F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P15G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P15H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P15I	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P15J	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P16A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P16B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P16C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P16D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P16G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P16H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P16K	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P12C-P1A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P21A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P27B	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P12C-P27C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P27E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P2A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P2D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P2F	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12C-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P37	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P12C-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*

P12C-P3B	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P3D	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P12C-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P7E	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P12C-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12C-P7G	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12C-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P12E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P13A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P142	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P148	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P12D-P15D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P15E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P15F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P15G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P15H	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P15I	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P15J	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P16A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P16B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P16C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P16D	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P16F	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P16H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P16K	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P21A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P27C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P27E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P2A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P2D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P2F	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P34	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*



P12D-P3B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P3D	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P3F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12D-P7D	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P7F	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12D-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12D-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P13A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P142	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P148	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P12E-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P12E-P15D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P15E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P15F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P15G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12E-P15H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P15I	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P15J	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P16A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P16B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P16C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P16D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P16E	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12E-P16F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P16H	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P12E-P16K	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P21A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P27E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P2A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12E-P2D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P2F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P2G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12E-P34	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P37	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P3B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*

P12E-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P3E	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P3F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P6B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P7B	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P7C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12E-P7D	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P12E-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P12E-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P12E-P7G	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P12E-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P142	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P13A-P148	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P13A-P15D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P15E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P15F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P15G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P15H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P15I	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P15J	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P16A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P13A-P16B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P16C	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P13A-P16D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P16F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P16G	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P13A-P16H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P16K	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P1A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P21A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P27B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P27C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P27E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P2A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P2D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P2G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P3B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P3D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P3E	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*

P13A-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P6A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P7B	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P7D	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P13A-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P13A-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P148	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P142-P15D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15G	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15I	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P15J	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P16A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P16C	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P142-P16D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P16E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P16K	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P21A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P27E	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P2A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P2D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P3A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P3B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P6A	9.22689E+16	1	0.003	0.003	*

P142-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P142-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P7D	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P142-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P142-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15A	14	0.5	0.001	0.001	*
P148-P15D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15E	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P148-P15G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15H	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15I	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P15J	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P16D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P16K	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P148-P1A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P148-P21A	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P148-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P27C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P27E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P2D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P2F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P148-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P34	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P3D	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P148-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P148-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P148-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P7F	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P148-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15A-P15D	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P15E	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P15F	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P15G	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P15H	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P15I	14	0.5	0.003	0.003	*
P15A-P15J	14	0.5	0.002	0.002	*
P15A-P16A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16B	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16C	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16D	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16E	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16F	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16G	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P16H	14	0.5	0.002	0.002	*
P15A-P16K	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P1A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P21A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P27B	14	0.5	0.002	0.002	*
P15A-P27C	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P27E	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P2A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P2D	14	0.5	0.002	0.002	*
P15A-P2F	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P2G	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P34	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P37	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P3A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P3B	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P3D	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P3E	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P3F	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P492	14	0.5	0.002	0.002	*
P15A-P6A	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P6B	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P6C	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7B	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7C	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7D	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7E	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7F	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7G	14	0.5	0.001	0.001	*
P15A-P7H	14	0.5	0.001	0.001	*

P15D-P15E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P15F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P15G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P15H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P15I	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P15J	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15D-P16A	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P15D-P16B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P16K	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P1A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P21A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P27B	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P15D-P27C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P27E	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15D-P2A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P2D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P2G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P37	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P6A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P6C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15D-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P7F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15D-P7G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15D-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P15F	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15E-P15G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P15H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P15I	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P15J	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P16A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*

P15E-P16B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P16C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P16D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P16E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P16F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P16G	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15E-P16H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P16K	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P15E-P1A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P21A	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15E-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P27C	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P2F	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P37	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P3A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P6B	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15E-P6C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15E-P7B	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P15E-P7C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15E-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15E-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P15G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P15H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P15I	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P15J	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P16A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P16C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P16D	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P15F-P16E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P16F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P16G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P16H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*

P15F-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P21A	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P27B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P27C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P2D	1.51321E+17	1	0.003	0.003	*
P15F-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P2G	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P34	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P6A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15F-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15F-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15F-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P15H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P15I	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P15J	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P16A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P16B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15G-P16C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P16D	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P16F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P16G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15G-P16H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P16K	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P1A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P21A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P27C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P2A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15G-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P2F	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P15G-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*



P15G-P34	8.40672E+16	1	0.003	0.003	*
P15G-P37	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P3F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P492	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P7D	1.30449E+17	1	0.002	0.002	*
P15G-P7E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15G-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15G-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P15I	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P15J	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P16A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P16C	1.51321E+17	1	0.003	0.003	*
P15H-P16D	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P15H-P16E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P16G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P16K	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15H-P1A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P21A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P27B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15H-P27C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15H-P27E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P2A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P2D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P2F	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P2G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P3A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15H-P3B	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P3F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*

P15H-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P7E	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P15H-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15H-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15H-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P15J	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P16A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P16B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15I-P16C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P16D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P16E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P16F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P16H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P21A	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15I-P27B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P27C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P2D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P2F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P34	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P15I-P37	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P3B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P3E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P6A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P6C	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P15I-P7B	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15I-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15I-P7F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15I-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P16A	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P16B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P16C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P15J-P16D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P16E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P16F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P16G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P16H	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P1A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P21A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P27B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P27C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P2F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P2G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P15J-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P37	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P3B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P492	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P6A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P6B	1.51321E+17	1	0.003	0.003	*
P15J-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P15J-P7B	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P15J-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P7D	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P7E	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P15J-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P7G	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P15J-P7H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P16B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P16C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P16D	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P16E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P16F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P16H	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P16K	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P1A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P21A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P27C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P27E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P2A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P2D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*

P16A-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P2G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P3A	8.40672E+16	1	0.003	0.003	*
P16A-P3B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P3F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P6A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16A-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P6C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16A-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16A-P7H	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P16C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P16D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P16E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P16G	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16B-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P1A	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16B-P21A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P27B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P2G	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P16B-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P37	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16B-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P3D	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16B-P3E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P6A	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16B-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P6C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P7B	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*

P16B-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P7D	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P7F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16B-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16B-P7H	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16C-P16D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P16E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P16F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P16G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16C-P16K	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16C-P1A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P21A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P27B	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P27C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P2A	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P2D	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P2F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P2G	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P3A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P3B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P3E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16C-P492	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16C-P6A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16C-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16C-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P7E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16C-P7F	1.30449E+17	1	0.002	0.002	*
P16C-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16C-P7H	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16D-P16E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P16F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P16G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P16H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P1A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P21A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P27B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P16D-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P2A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P34	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P37	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P3A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P3B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P492	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P6A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P6C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P7F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16D-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16D-P7H	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16E-P16F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P16G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P16H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P16K	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P1A	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16E-P21A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P2F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P2G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16E-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P6C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16E-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*

P16E-P7C	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P7E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16E-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16E-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P16G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P16H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P16K	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16F-P1A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P21A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P27B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P27C	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P16F-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P2D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P2F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P2G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16F-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P37	1.51321E+17	1	0.003	0.003	*
P16F-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P3B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P3F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P492	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P6A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P6C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16F-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P7F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16F-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16F-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P16H	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16G-P16K	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16G-P1A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P21A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P27B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P27C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P27E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P2A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16G-P2D	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P2F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16G-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*

P16G-P37	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P3B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P3D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P3E	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16G-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P6A	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P16G-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P6C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16G-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16G-P7C	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P16G-P7D	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16G-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P7F	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P16G-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16G-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P16K	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P1A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P21A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P27C	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P16H-P27E	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P16H-P2A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P2D	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16H-P2F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P34	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16H-P37	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P6B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P7D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16H-P7E	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P16H-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16H-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16H-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P1A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P21A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P27B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*



P16K-P27C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P27E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P2A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P2D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P37	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P3A	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P3E	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P16K-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P492	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P6A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P16K-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P7B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P7D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P16K-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P16K-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P21A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P27B	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P27C	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P1A-P27E	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P2A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P2D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P2G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P37	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P3D	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P1A-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P3F	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P1A-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P6A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P1A-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P1A-P7F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*

P1A-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P1A-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P21A-P27B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P21A-P27C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P21A-P27E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P21A-P2A	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P2D	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P2F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P2G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P37	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P3B	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P21A-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P3E	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P21A-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P21A-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P21A-P6C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P21A-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P21A-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P7G	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P21A-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P27C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P27E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P2A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P2D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P2F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P27B-P2G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P37	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P3B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P6A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P7C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27B-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P27B-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P7G	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P27B-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P27E	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P2A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P27C-P2D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27C-P2F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P2G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27C-P34	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P27C-P37	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P3A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P3B	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P27C-P3D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27C-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27C-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27C-P7H	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P27E-P2A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P2D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P2F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P2G	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P34	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P37	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P3A	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P27E-P3B	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P27E-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P6A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P27E-P7E	8.40672E+16	1	0.004	0.004	*
P27E-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P27E-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*

P2A-P2D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P2F	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P2G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P34	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P37	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P3A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P3D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P3E	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P3F	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P6A	2.91002E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P6B	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P2A-P6C	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2A-P7D	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2A-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P2F	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P2D-P2G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P37	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P3A	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P3B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P3F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P492	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P2D-P6A	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P2D-P6B	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P2D-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P7C	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P2D-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2D-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2D-P7F	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P2D-P7G	1.51321E+17	1	0.004	0.004	*
P2D-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2F-P2G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P34	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P37	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P3A	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P2F-P3B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P3E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*

P2F-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P492	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P6A	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P2F-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2F-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2F-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2F-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2F-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P34	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P37	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P3B	1.80144E+17	1	0.002	0.002	*
P2G-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P3F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P6C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P2G-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2G-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P2G-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P2G-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P37	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P34-P3A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P3B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P3D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P3E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P34-P3F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P6B	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P34-P6C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P34-P7B	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P34-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P7D	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P34-P7E	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P34-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P34-P7G	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P34-P7H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P37-P3A	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*

P37-P3B	2.22531E+17	1	0.003	0.003	*
P37-P3D	1.14637E+17	1	0.004	0.004	*
P37-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P3F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P6B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P6C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P37-P7C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P37-P7D	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P37-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P37-P7F	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P37-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P37-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P3B	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P3D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P3E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P492	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P6A	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P6B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P7C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3A-P7E	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P7F	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P3A-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3A-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3B-P3D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3B-P3E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P492	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P6A	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P6C	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3B-P7D	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7E	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7F	1.02244E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3B-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3D-P3E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P3F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P492	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*

P3D-P6B	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P3D-P6C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3D-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3D-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3D-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3D-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3D-P7H	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P3F	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P492	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3E-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P6B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P6C	8.40672E+16	1	0.004	0.004	*
P3E-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P7C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3E-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3E-P7E	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3E-P7F	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P3E-P7G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P3E-P7H	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3F-P492	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3F-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P6B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P7B	1.30449E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P7C	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P7D	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P3F-P7E	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P3F-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P3F-P7G	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P3F-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P6A	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P6B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P6C	1.51321E+17	1	0.002	0.002	*
P492-P7B	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P7C	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P492-P7D	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P492-P7F	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P492-P7G	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P492-P7H	9.22689E+16	1	0.002	0.002	*
P6A-P6B	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P6A-P6C	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P6A-P7B	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6A-P7C	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P6A-P7D	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P6A-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*

P6A-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6A-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6A-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P6C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7B	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P6B-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7F	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7G	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P6B-P7H	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6C-P7B	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6C-P7C	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P6C-P7D	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P6C-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P6C-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P6C-P7G	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P6C-P7H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P7B-P7C	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P7B-P7D	2.22531E+17	1	0.001	0.001	*
P7B-P7E	1.30449E+17	1	0.002	0.002	*
P7B-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P7B-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P7B-P7H	1.80144E+17	1	0.001	0.001	*
P7C-P7D	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*
P7C-P7E	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P7C-P7F	8.40672E+16	1	0.002	0.002	*
P7C-P7G	1.51321E+17	1	0.001	0.001	*
P7C-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P7D-P7E	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P7D-P7F	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P7D-P7G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P7D-P7H	1.14637E+17	1	0.001	0.001	*
P7E-P7F	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P7E-P7G	9.22689E+16	1	0.001	0.001	*
P7E-P7H	1.14637E+17	1	0.002	0.002	*
P7F-P7G	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P7F-P7H	8.40672E+16	1	0.001	0.001	*
P7G-P7H	2.22531E+17	1	0.002	0.002	*