

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Descrevendo a composição e riqueza do repertório vocal de *Turdus leucomelas* por meio de métodos ecológicos.

Andressa do Nascimento Pessoa

Dr. Alan Loures Ribeiro
Orientador

Dr. Carlos Barros de Araújo
Co-orientador

João Pessoa - 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Descrevendo a composição e riqueza do repertório vocal de *Turdus leucomelas* por meio de métodos ecológicos.

Andressa do Nascimento Pessoa

Dr. Alan Loures Ribeiro
Orientador

Dr. Carlos Barros de Araújo
Co-orientador

Trabalho - Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas (Trabalho Acadêmico de conclusão de Curso), como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas

João Pessoa – 2016

P475d Pessoa, Andressa do Nascimento.
Descrevendo a composição e riqueza do repertório vocal de *Turdus leucomelas* por meio de métodos ecológicos / Andressa do Nascimento Pessoa. – João Pessoa, PB, 2016.
68p. : il.

Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba.

Orientador: Prof. Dr. Alan Loures Ribeiro.

Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Barros de Araújo.

1. Complexidade vocal. 2. Estimadores ecológicos. 3. *Turdus leucomelas*. I. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Andressa do Nascimento Pessoa

Descrevendo a composição e riqueza do repertório vocal de *Turdus leucomelas* por meio de métodos ecológicos - Monografia

Trabalho – Monografia apresentada ao Curso de Ciências Biológicas, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: 08/06/2016

Resultado: Aprovada

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Alan Loures Ribeiro (DSE/UFPB)

Dr. Alexandre Ramlo Torre Palma (DSE/UFPB)

Me. Cássio Rachid Meireles de Almeida Simões (PPGDA/ UFBA)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Imélida e Vinícius, por todo amor e dedicação. Obrigado por estarem sempre comigo.

A minhas irmãs, Isabelle e Giselle, por me propiciarem momentos familiares inesquecíveis e trazerem consigo Filipe e Nicolas, que colaboram com o momentos divertidos de minha vida.

À pessoa que eu amo, Stephen Fast, por sempre me apoiar, especialmente durante todo esse processo, e sempre me fazer sorrir quando penso que não seria possível.

Ao meu orientador, Alan, e ao meu co-orientador, Carlos, por toda a paciência, apoio, disposição e ensinamentos ao longo desse processo.

Aos meus amigos de curso, que transformaram minha vida dentro e fora da Universidade e que me dão a mão sempre que eu preciso: Ludmila, Joana, Luana, Paula, Daniel e Leonardo.

À Talita, Lucas, Everton e Renato, que também contribuíram muito com as minhas risadas. Em especial à Renato, que esteve comigo nos momentos de coleta de dados.

Aos professores que contribuíram para minha formação acadêmica ao longo do curso. Especialmente: Regina, Robson, Luiz, Márcio, Gustavo, Amélia, Eliete e Palma. Obrigado pelas melhores aulas que já assiti.

Aos membros da banca examinadora por terem aceito avaliar e contribuir com esse trabalho.

Aos demais colegas de curso, por terem tornado o dia-a-dia, durante todos esses anos, mais interessante e divertidos.

RESUMO

O repertório vocal de *Turdus leucomelas* é bastante complexo, apresentando variações significativas entre indivíduos. Essa complexidade vocal estaria relacionada a uma maior capacidade nervosa, podendo a comunicação sonora servir como sinalização da qualidade de um macho. Uma vez indicada a relação entre a complexidade vocal e a seleção sexual, torna-se interessante o cálculo dessa, o que pode ser um trabalho bastante árduo. Assim, torna-se necessário que outros métodos que possibilitem a descrição da complexidade vocal de uma ave sejam desenvolvidos. Este trabalho visa o uso de estimadores ecológicos para o cálculo dessa complexidade em indivíduos da espécie *Turdus leucomelas*. Foram utilizados seis estimadores ecológicos: Chao 1, ACE, S(est), Log-Normal, Índices de Shannon e Simpson. Variações nas estimativas foram observadas, porém todas mostraram que há variação de repertório entre indivíduos e confirmaram a complexidade do canto em *Turdus leucomelas*.

Palavras-chave: complexidade vocal; estimadores ecológicos; *Turdus leucomelas*

ABSTRACT

The vocal repertoire in *Turdus leucomelas* is very complex, presenting significant variations among individuals. This vocal complexity would be associated to an enhanced nervous capacity, making it possible that the acoustic communication would work as a signal of male quality. Once indicated the relation between vocal complexity and sexual selection, the calculation of this complexity becomes more appealing, although it can be hard work. Therefore, it is fundamental that different methods that can describe the vocal complexity in birds be developed. This research makes use of ecological estimators to calculate the individual complexity in *Turdus leucomelas*. A total of six estimators was used: Chao 1, ACE, S(est), Log-Normal, Shannon and Simpson Indexes. Variations on each estimative were observed, however all of them showed variation of the repertoire among individuals and confirmed the acoustic complexity in *Turdus leucomela*'s song.

Key-words: vocal complexity; ecological estimators; *Turdus leucomelas*

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	3
3.1 – ESPÉCIES ESTUDADA.....	3
3.2 – LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO.....	4
3.3 – SONOGRAMAS.....	4
3.4 – ESTIMATIVA DE RIQUEZA NÃO PARAMÉTRICAS.....	5
3.5 – AJUSTE AO MODELO LOG-NORMAL.....	7
3.6 - ÍNDICE DE DIVERSIDADE (SHANNON & SIMPSON).....	7
3.7 – A DISTÂNCIA ACÚSTICA VERSUS A DISTÂNCIA GEOGRÁFICA....	7
4. RESULTADOS.....	8
4.1. – SONOGRAMAS.....	8
4.2 – MÉTODOS NÃO PARA MÉTRICOS DE ESTIMATIVA DE RIQUEZA.....	8
4.3 – MODELO LOG-NORMAL.....	9
4.4 - ÍNDICE DE DIVERSIDADE (SHANNON & SIMPSON).....	12
4.5 – MÉTODOS COMPARATIVOS.....	13
5. DISCUSSÃO.....	16
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
7. REFERÊNCIAS.....	22
APÊNDICE I.....	26
APÊNDICE II.....	32

1. INTRODUÇÃO

A bioacústica é a ciência que estuda os diferentes aspectos da comunicação sonora (VIELLIARD, 1987). As manifestações sonoras podem ser compreendidas em dois fenômenos: a vocalização e os sons mecânicos ou instrumentais. O primeiro refere-se aos sons produzidos por meio de seu órgão vocalizador, a siringe, enquanto o último não é executado através das vias respiratórias, podendo ser a ritmada batida ou taborilada de algumas espécies de pica-paus (VIELLIARD, 1987), que representaria o sinal correspondente ao canto nestes indivíduos.

A vocalização geralmente ocorre durante a expiração, sendo o som emitido determinado pelos movimentos vibratórios das membranas timpaniformes internas (VIELLIARD, 1987), posicionadas nos dois lados da siringe. As aves são capazes de modular as frequências desses sons por meio dos movimentos de contração e relaxamento dos músculos siringeais, podendo esse controle ser realizado separadamente por cada um dos lados desse órgão (VIELLIARD, 1987). Assim, para os pássaros canoros o controle do som emitido pode ocorrer através dos dois lados de forma independente, ou por ambos, sendo possível gerar concomitantemente sons diferentes.

Podemos definir comunicação como todo processo através do qual uma mente pode afetar a outra ou, de uma forma mais ampla, todo procedimento que propicia um mecanismo afetar outro (WEAVER, 1949). O som como sinal de comunicação é utilizado por diversos animais na natureza, provavelmente devido a sua rápida dispersão através de longas distâncias, e de sua curta duração, garantindo a emissão e assimilação quase imediata da mensagem. Dito isso, o sinal sonoro é usado pelas aves, especialmente pelos machos, em diversas funções comportamentais, principalmente em defesa territorial e acasalamento. Nesses momentos são manifestados, em grande parte dos casos, cantos complexos, específicos e muitas vezes harmoniosos, possibilitando assim, atribuir ao sinal sonoro a função biológica de reconhecimento específico (VIELLIARD, 1987).

Entretanto algumas espécies podem organizar esses sons de formas diversas, codificando informações que vão além do reconhecimento específico, chegando ao nível de reconhecimento individual, que é mais eficiente quanto maior forem as

diferenças nas características vocais (AVELINO, 2003). Essas espécies podem apresentar uma notável complexidade e versatilidade vocal, cujas características vocais e sequências parecem suficientemente determinadas para que haja função de reconhecimento específico, existindo determinadas espécies que possuem apenas o limite mínimo de diferenças específicas (VIELLIARD, 1987). Essa versatilidade pode ser encontrada em aves do gênero *Turdus* (SILVA, 2001), onde os machos apresentariam repertórios vocais distintos, apesar de haver compartilhamento de notas. Segundo Vielliard (2004), a forma do canto versátil, além de propiciar o reconhecimento individual, também pode estar relacionado ao aumento da entropia, servindo para seleção sexual. A ideia é que uma maior complexidade vocal estaria relacionada a uma maior capacidade nervosa, podendo a comunicação sonora servir de sinalização honesta da qualidade de um macho (SILVA;VIELLIARD, 2006). Ao escolher um macho com grande complexidade vocal a fêmea estaria selecionado um macho com grande capacidade de processamento nervoso, o que se refletiria na sua capacidade de defesa territorial, obtenção de recursos e etc (SILVA;VIELLIARD, 2006).

Uma vez indicada a relação entre a complexidade vocal e a seleção sexual, torna-se interessante o cálculo de dessa complexidade vocal, o que pode ser um trabalho bastante árduo. Comparando a riqueza de notas com riqueza de espécies, pode-se dizer que, assim como para a riqueza de espécies de aves da Zona Holártica (HOLMES et al. 1986; BIBBY et al. 2000), a riqueza de notas para indivíduos com repertórios pequenos ou fixos pode ser calculada através do método padrão de contagem ou censo. Esse seria o caso para indivíduos da espécie *Plectrophenax nivalis* (família Emberizidae), cujo tamanho do repertório varia em torno de 3 a 11 notas (SILVA, 2001). Contudo, o uso desse mesmo método se converteria em grande esforço para a espécie *Luscinia luscinia*, em que um indivíduo pode exprimir mais de 700 notas (SILVA, 2001). Torna-se assim necessário que outros métodos, que possibilitem a descrição da complexidade vocal de uma ave, sejam desenvolvidos.

A riqueza é definida como a quantidade de espécies que ocorre em um local ou amostra, enquanto que a abundância seria o número de indivíduos que pertencem a essa espécie (PIANKA, 1994). Segundo Magurran (2014), é possível estimar a riqueza de determinada espécie se a abundância relativa da comunidade for descrita de forma

satisfatória. O uso desses estimadores vêm crescendo consideravelmente devido ao surgimento de softwares estatísticos que facilitam todo o processo de cálculo (DIAS, 2004). Apesar da tendência de estimar a riqueza de espécies de um local, alguns ecólogos sugerem que o mais importante em um estudo, especialmente um de conservação, seria o cálculo da quantidade de espécies observadas (riqueza) e da quantidade em potencial (esperada) (SANTOS, 2013).

2. OBJETIVOS

Tendo em vista a importância da complexidade vocal na seleção sexual de algumas espécies, este trabalho visa o uso de estimadores ecológicos para o cálculo de complexidade vocal de indivíduos da espécie *Turdus leucomelas*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ESPÉCIE ESTUDADA

Turdus leucomelas, Vieillot, 1818, foi escolhido para este trabalho por ser uma espécie abundante, facilitando a execução das gravações diretamente de seu ambiente natural, uma vez que “um dos fatores limitantes para sistemas de comunicação complexos é a insuficiência de dados” (SILVA, 2001). O sabiá-barranco (*Turdus leucomelas*) é uma ave passeriforme da família Turdidae, de porte menor que o sabiá-laranjeira (*Trudus rufiventris*), e habita áreas semiflorestais, vivendo também à beira de matas, parques, mata de galeria e mesmo em áreas urbanas. O adulto apresenta o alto da cabeça arredondado, os lados acinzentados e oliváceo na parte alta, sem a mácula negra à frente dos olhos. Possui o bico da cor cinza escuro e uniforme, com as costas predominantemente acinzentadas, tornando-se marrom nas asas, que possuem a parte interna alaranjada. Seu peito também é acinzentado, porém apresenta a garganta branca com listras cinzas bem definidas. O adulto mede cerca de 22 centímetros, pesando entre 54 e 60 gramas (LOBATO, 2007) e não apresenta dimorfismo sexual, sendo a diferenciação feita através do canto, característica apenas dos machos. O canto de reconhecimento específico é contínuo, harmônico, composto de motivos simples, emitido durante época reprodutiva que vai de agosto a meados de fevereiro. Durante o resto do ano são ouvidos diversos gritos.

3.2. LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

As gravações foram realizadas entre os meses de Dezembro de 2013 e Março de 2014, sempre no período entre 3:00 horas às 7:00 horas da manhã, na área do Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (Figura 1.). Foi produzindo um total de 150 gravações para 22 indivíduos. O processo de obtenção dos dados consistia na localização auditiva de indivíduos presentes na área de coleta e subsequente uso de um gravador Sony PCM-D50 e de uma parábola de 50 cm de diâmetro e 19 cm de foco, acoplada a um microfone Shure Beta58a. Posteriormente, foi utilizado o gravador Marantz PMD661, acoplado em um Microfone Sennheiser ME67.

3.3. SONOGRAMAS

Com o término do período reprodutivo, as coletas cessaram e os dados começaram a ser preparados para análises, sendo convertidos de estéreo para mono e rodados no programa Cool Edit Pro 2.0. Para o presente trabalho, foram selecionados cinco indivíduos (Figura 1.), classificados como Ind 1 (lat 7° 8'18.59"S; long 34°50'40.37"W), Ind 2 (lat 7° 8'22.15"S; long 34°50'39.23"W), Ind 3 (lat 7° 8'18.23"S; long 34°50'43.66"W), Ind 4 (lat 7° 8'19.71"S; long 34°50'43.86"W) e Ind 5 (lat 7° 8'27.09"S; long 34°50'45.95"W), cujas melhores gravações foram analisadas. Quando abertas no Cool Edit Pro 2.0, as gravações foram transformadas em sonogramas, sendo filtradas nas faixas abaixo de 500Hz, utilizando o Equalizador Gráfico do programa, e neutralizadas. O sonograma é uma representação gráfica do sinal sonoro, onde são expressados a duração, frequência e amplitude do canto, e através dessa visualização, foram coletadas o total de 288 notas para cada indivíduo, exceto o Indivíduo 1 que totalizou 286 notas. Estas foram visualmente comparadas e classificadas com letras do alfabeto, sendo a primeira nota denominada A e as seguintes classificadas em ordem alfabética. O “dicionário” de notas (CORBO, 2007) pode ser encontrado no Apêndice II. Subsequentemente, observou-se a presença e ausência dessas notas para de cada indivíduo, assim como a abundância.

A partir do repertório individual de notas, foram realizadas análises estatísticas utilizando os programas EstimateS 9.1.0 (COLWELL, 2013) e Ecological Methodology 5.2 (KREBS, 2004) para estimar a complexidade vocal. Utilizamos o EstimateS para

realizar uma uma análise de diversidade com os dados de abundância de notas para cada indivíduo e coletados os resultados para os estimadores não-paramétricos $S(\text{est})$, ACE e Chao 1.



Figura 1. Área onde foram realizadas as gravações dos repertórios vocais de cinco indivíduos da espécie *Turdus leucomelas*. Na imagem, a localização de cada indivíduo está demarcada. Imagem tirada do Google Earth.

3.4. ESTIMATIVAS DE RIQUEZAS NÃO PARAMÉTRICAS

O método Chao 1 estima a riqueza total somando à riqueza observada o quadrado do número de espécies representadas por apenas um indivíduo nas amostras (*singletons*), dividindo pelo dobro do número de espécies com apenas dois indivíduos nas amostras (*doubletons*). A estimativa de riqueza é calculada através de:

$$S_{\text{Chao 1}} = S_{\text{obs}} + \frac{F_1^2}{2F_2}$$

onde S_{obs} é o número de espécies da amostra, a riqueza observada, F_1 é o número de espécies observadas que apresentam um indivíduo (singletons), e F_2 é o número de espécies observadas que apresentam dois indivíduos (doubletons).

O estimador ACE trabalha com a abundância de espécies raras (que apresentam poucos indivíduos) e diferentemente do método acima, este determina os limites para classificação em espécies raras, nesse caso aquelas que geralmente apresentam abundância entre 1 e 10 (HERZOG, 2002). A equação se apresenta por:

$$S_{ACE} = S_{abund} + \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} + \frac{F_1}{C_{ACE}} \gamma_{ACE}^2$$

;

$$\gamma_{ACE}^2 = \max \left\{ \frac{S_{rare}}{C_{ACE}} \frac{\sum_{i=1}^{10} i(i-1)F_i}{(N_{rare})(N_{rare}-1)} - 1, 0 \right\}$$

Onde S_{rare} é o número de espécies raras (≤ 10 indivíduos), S_{abund} é o número de espécies abundantes (> 10 indivíduos), N_{rare} é o número total de indivíduos de espécies raras, F_i é o número de espécies com i indivíduos ($F_1 =$ número de singletons); $C_{ACE} = 1 - F_1/N_{rare}$ e γ_{ACE}^2 estima o coeficiente de variação de F_i .

Quanto ao S(est), também chamado de Curva de Rarefação, ele consiste em calcular o número esperado de espécies em cada amostra para o tamanho de uma amostra padrão. O número esperado de espécies é obtido segundo a equação:

$$E(S) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

onde $E(S)$ é o número esperado de espécies em uma amostragem aleatória, S é o número total de espécies registradas, N é o número total de indivíduos registrados, N_i é o número de indivíduos da espécie i , e n é o tamanho padronizado da amostra escolhido.

3.5. AJUSTE AO MODELO LOG-NORMAL

Com o programa Ecological Methodology, foram feitas análises de diversidade de espécies utilizando a distribuição Log-Normal. De acordo com Maguran (2004) o log-normal é o mais usado por ecólogos, pois a maioria das comunidades estudadas mostra este padrão de abundância de espécies. Esse modelo é testado através do método de qui-quadrados e se baseia no pressuposto teórico de que a abundância das espécies e as classes de abundância devem ser expressas em logaritmos na base 2, sendo o resultado desse padrão de distribuição chamado de oitavas (intervalos de classe que representam a abundância das espécies) (DIAS, 2004).

3.6. ÍNDICE DE DIVERSIDADE (SHANNON & SIMPSON)

Os métodos acima utilizam-se somente da riqueza de espécies (notas) como descritores da complexidade vocal. Entretanto, existem outros métodos (alguns descritos especialmente para a teoria da informação, como o índice de Shannon, 1949) que podem ser utilizados na descrição da complexidade vocal. Esses índices utilizam-se não só da riqueza, mas também da abundância de notas para a obtenção de um valor de entropia (ou diversidade; MAGURRAN, 2004) que pode ser utilizado na comparação entre a complexidade vocal de indivíduos. Aqui utilizamos dois índices (Shannon e Simpson) na descrição da complexidade vocal dos organismos. O cálculo desses índices foram implementado por meio do software EstimateS 9.1.0 (COLWELL, 2013).

3.7. A DISTÂNCIA ACÚSTICA VERSUS A DISTÂNCIA GEOGRÁFICA

O programa Fitopac 2.1 foi empregado para a análise comparativa de dendrograma, fazendo uso do coeficiente de dissimilaridade Bray-Curtis e do método de agrupamento Média de Grupo (UPGMA), no intuito de descobrir se indivíduos com localização territorial mais próxima apresentariam composição de repertório semelhantes.

O programa BioEstat 5.0 foi usado para fazer um ajuste ao modelo de Log-Normal através de uma regressão linear simples. Também foi usado para fazer uma análise de correlação com os dados do coeficiente Bray-Curtis e as distâncias, em metros, das localizações dos indivíduos. Essas distâncias foram obtidas através do uso do Google Earth (2016).

4. RESULTADOS

4.1. SONOGRAMAS

No total, analisamos 1438 notas dos cinco indivíduos, que em conjunto apresentou um total de 364 notas distintas. A maior parte das notas apresentaram frequências entre 1000 e 5000 Hz, apesar de algumas notas atingirem frequências de 10000 Hz. Os sonogramas dessas notas são encontrados no “dicionário” de notas (CORBO, 2007) no Apêndice II. No Apêndice I estão apresentadas tabelas para cada indivíduo com as notas encontradas em seus repertórios e as notas compartilhadas.

4.2. MÉTODOS NÃO PARAMÉTRICOS DE ESTIMATIVA DE RIQUEZA

Tendo por base nossa classificação das notas, pudemos obter a abundância de cada uma delas na composição do repertório vocal de uma ave. As estimativas de riqueza realizadas no programa EstimateS 9.1.0 mostra que as estimativas variam bastante entre indivíduos (Figura 2; Tabela 1), podendo demonstrar diferenças na estimativas de riqueza entre 86 e 129 (Chao 1) notas. Esses resultados mostram que há variação na riqueza de notas encontradas nos repertórios de machos.

Tabela 1. Estimativas das riquezas de notas por indivíduo realizadas pelo software EstimateS 9.1.0.

	Chao 1	ACE	S(est)
Indivíduo 1	98,35	97,67	77
Indivíduo 2	101,93	108,28	84
Indivíduo 3	129,64	145,28	99
Indivíduo 4	98,49	106,08	81
Indivíduo 5	86,08	96,96	76

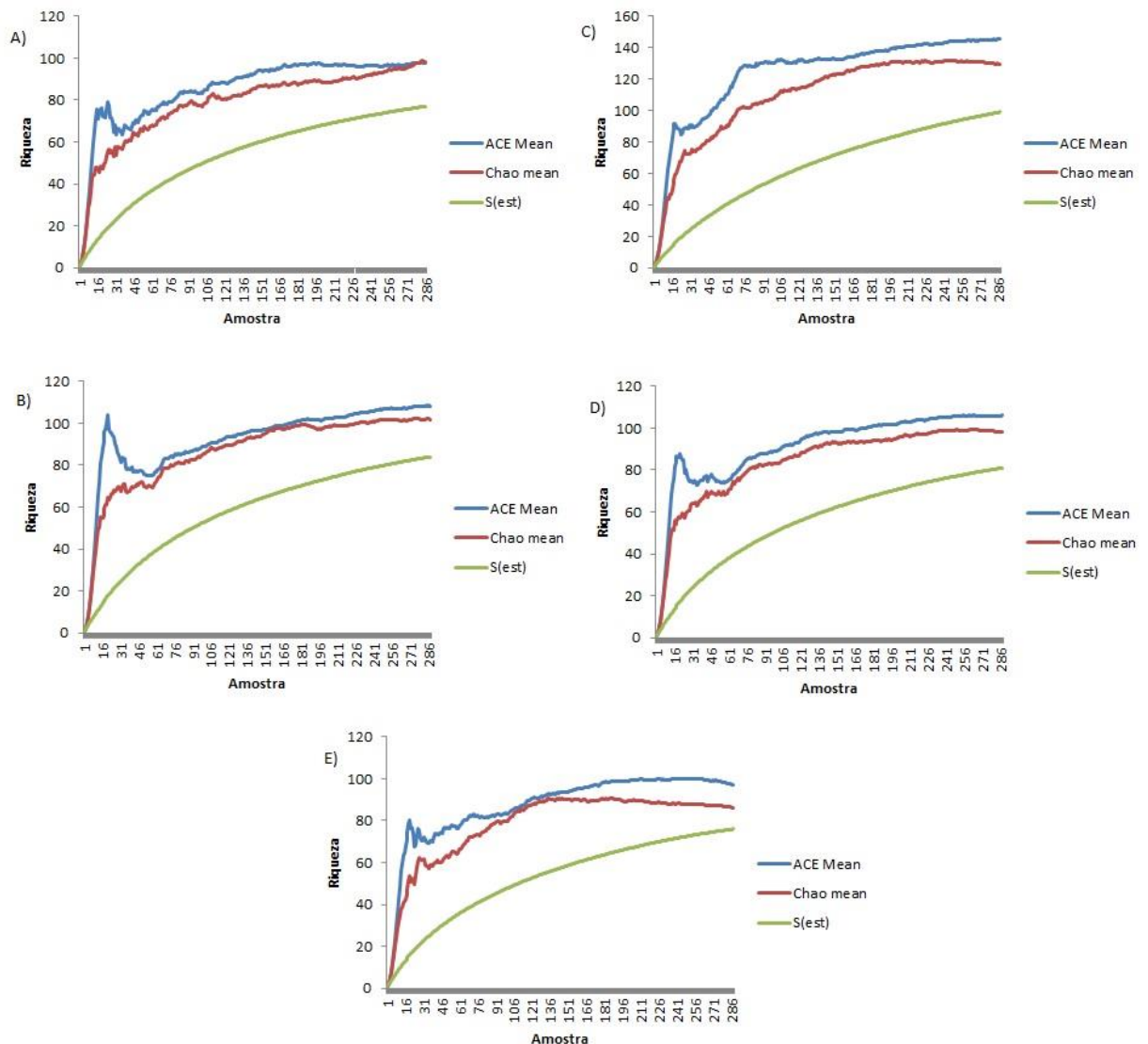


Figura 2. Gráficos ilustrando performance dos estimadores de riqueza (ACE, Chao 1 e curva de rarefação) de notas para o Ind 1 (A), Ind 2 (B), Ind 3(C), Ind 4 (D) e Ind 5 (E).

4.3. O MODELO LOG-NORMAL

Os modelos log-normal, obtidos através do programa Ecological Methodology 5.2, mostram um bom ajuste aos nossos dados. Existe uma boa aderência entre os valores esperados pelo modelo e aqueles observados por nós em campo e todas as regressões entre os valores esperados pelo modelos e observados por nós foram significativas ($p < 0.0009$ para todos os indivíduos), indicando bom ajuste dos nossos dados aos modelos log-normal. Adicionalmente os coeficientes de determinação foram sempre superiores a 93%, indicando que o modelo é um bom preditor dos nossos dados.

A linha de véu do modelo parece ter ultrapassado o centro da distribuição log-normal, o que torna a previsão de riqueza do modelo log-normal confiável. Tal como encontrado para os estimadores não paramétricos, as estimativas de riqueza variou bastante entre indivíduos. Adicionalmente os modelos log-normal indicam que existe alguma riqueza de notas que ainda não foram amostradas (Figura 4.).

Tabela 2. Número total de notas estimadas para os cinco indivíduos utilizando o software Ecological Methodology 5.2.

Nº total de notas estimadas	
Indivíduo 1	81,06
Indivíduo 2	88,16
Indivíduo 3	107,63
Indivíduo 4	85,72
Indivíduo 5	80,84

Tabela 3. Tabela evidenciando resultados do teste de regressão simples. Observar que todos os indivíduos apresentaram regressão ($p < 0.0009$) significativa, isso que dizer que os dados de abundância relativa esperada pelo modelo log não diferem dos valores observados.

	F (regressão)	R ² (ajustado)	p
Indivíduo 1	78,0788	0.9167	0.0004
Indivíduo 2	118.4301	0.9437	0.0002
Indivíduo 3	71.4594	0.9215	0.0009
Indivíduo 4	116.0076	0.9426	0.0002
Indivíduo 5	187.1322	0.9638	0.0001

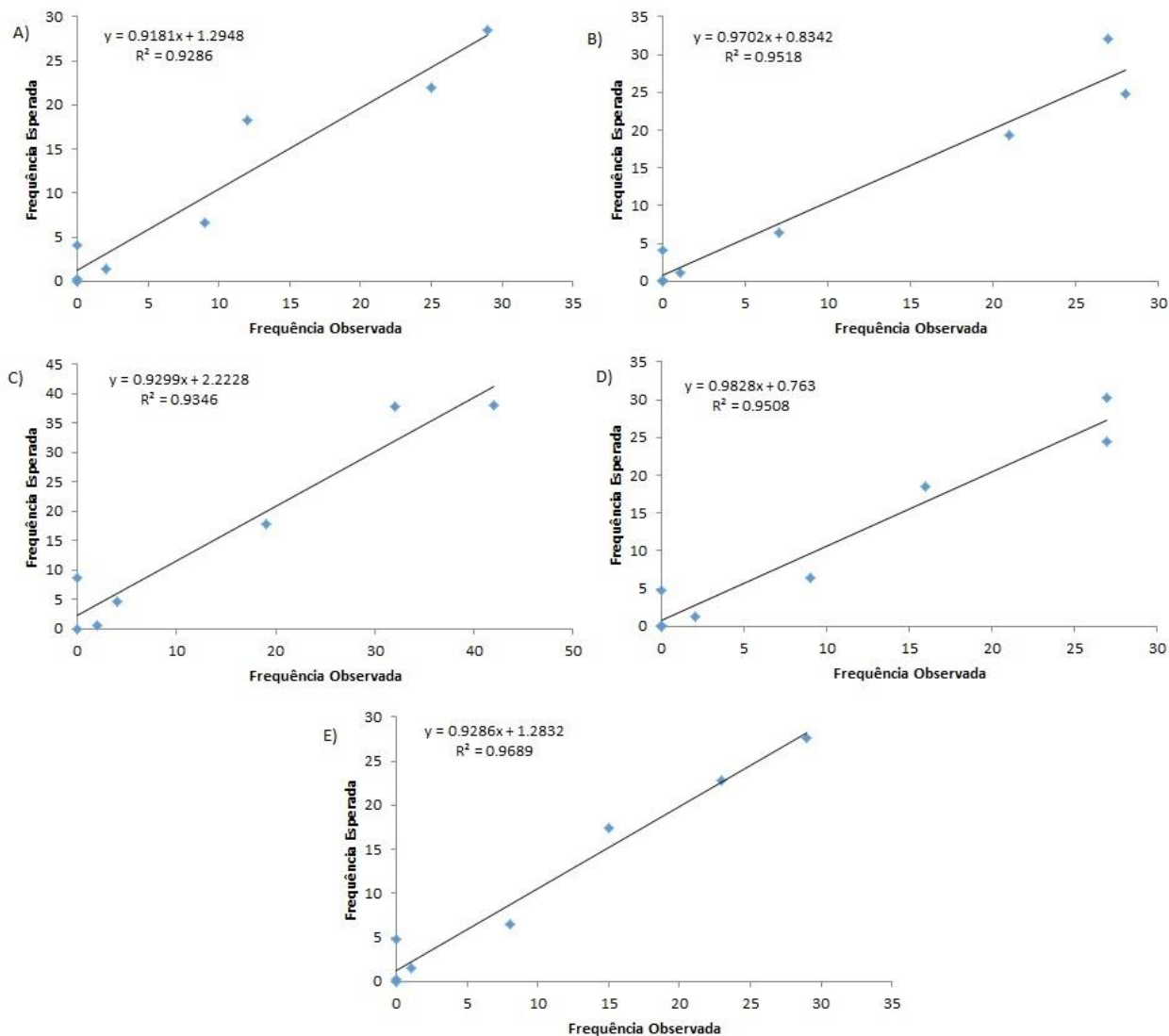


Figura 3. Gráficos ilustrando a análise de regressão linear simples entre frequências de notas observadas e esperadas para Ind 1 (A), Ind 2 (B), Ind 3 (C), Ind 4 (D) Ind 5 (E). Segundo coeficiente de determinação ajustada ($R^2 > 0,91$) as variáveis Frequência Esperada são explicadas pela variáveis Frequência Observada.

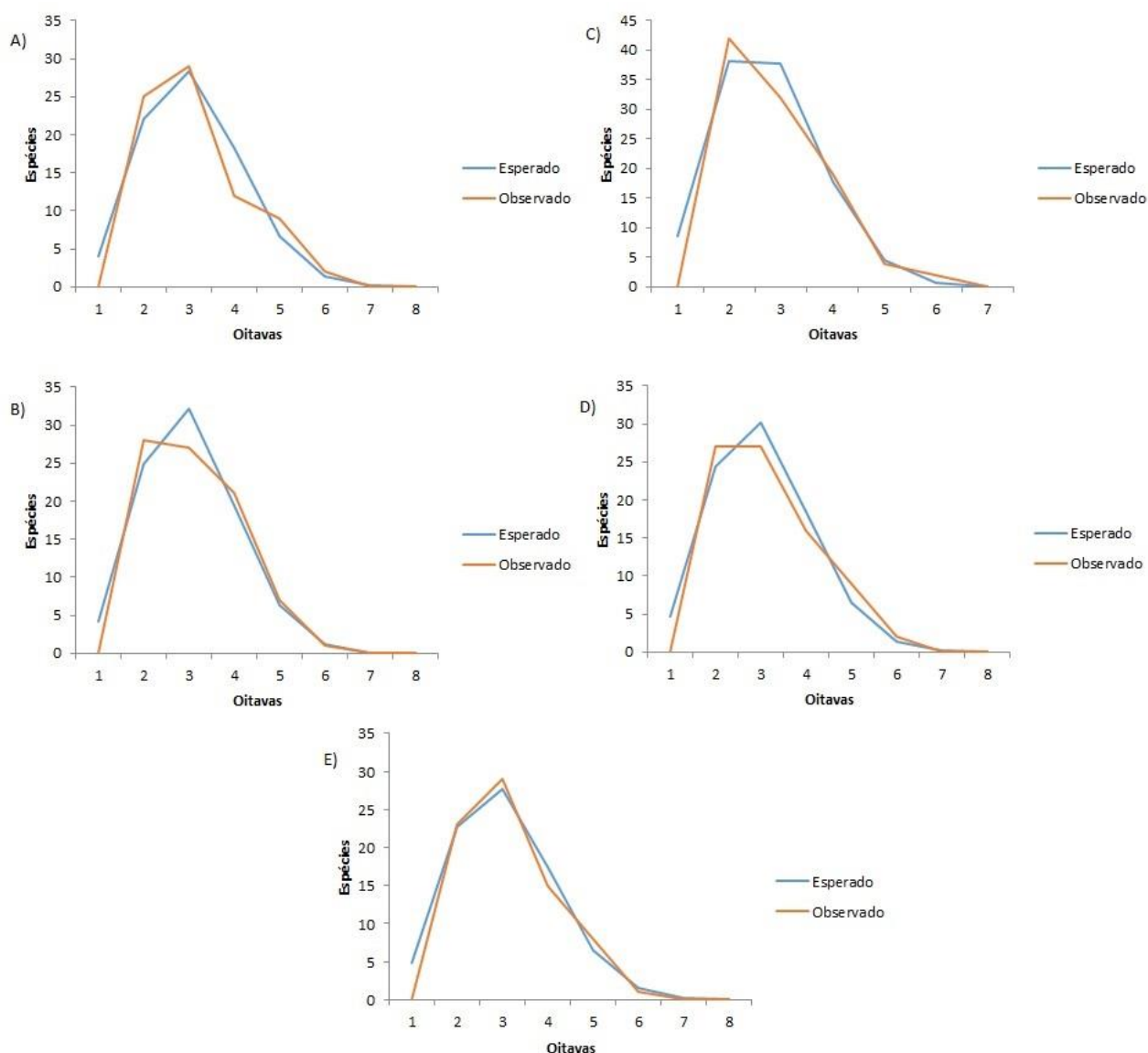


Figura 4. Gráfico mostrando a distribuição log-normal da frequência de notas esperadas (azul) e da frequência de notas observadas (vermelho) para o Ind 1 (A), Ind 2(B), Ind 3 (C), Ind 4 (D) e Ind 5 (E). O eixo Y nomeado Espécies se refere às Notas.

4.4. ÍNDICE DE DIVERSIDADE (SHANNON & SIMPSON)

O cálculo de Shannon mostra a complexidade do canto que cada indivíduo apresentou (Tabela 4). Quanto maior o valor do índice, mais complexo é o canto. Portanto, dos cinco indivíduos estudados, o indivíduo 3 possuiria canto mais complexo. De acordo com o índice de Simpson, o indivíduo 5 apresentaria o canto mais complexo.

Tabela 4. Resultado para o cálculo dos índices de diversidade Shannon e Simpson. O indivíduo 3 apresentaria maior complexidade, segundo Shannon, enquanto o indivíduo 2 apresentaria canto mais complexo, de acordo com Simpson.

	Shannon Mean	Simpson Mean
Indivíduo 1	3.97	38.99
Indivíduo 2	4.1	46.55
Indivíduo 3	4.14	38.01
Indivíduo 4	4.01	40.42
Indivíduo 5	3.88	31.73

4.5. MÉTODOS COMPARATIVOS

Por meio da composição do repertório (a abundância de cada nota) calculamos o Índice de dissimilaridade Bray-Curtis o que nos permitiu a confecção de uma análise de agrupamento UPGMA (correlação cofenética de 0.8917). A análise UGPMA mostra que os indivíduos 3 e 4 apresentam repertório vocal mais diferente entre si, possuindo coeficiente Bray-Curtis de 0.96. O grupo formado pelos indivíduos 3 e 4 se agrupa então com o indivíduo dois. Um grupo externo é formado pelos indivíduos 1 e 5, mas com coeficiente Bray-Curtis ainda é próximo a 0.85.

Os dados do coeficiente Bray-Curtis foram usados, juntamente com a distância em metros entre os indivíduos, para testar a relação entre similaridade vocal e distância geográfica por meio de uma análise de correlação de Pearson. A correlação não mostrou-se significativa, indicando que, ao menos na escala do estudo, a distância geográfica não determina a distância vocal entre os indivíduos.

Das 364 notas, apenas 39 foram compartilhadas (Tabela 11.). Entre essas, a nota Z teria sido a mais usada com o total de 42 repetições, sendo compartilhada por quatro dos cinco indivíduos, porém, percebeu-se que as notas ArAs e Cr são as mesmas notas, totalizando 43 repetições, sendo compartilhadas por dois indivíduos. A segunda nota mais usada foi a Eq, sendo compartilhada por dois indivíduos com o total de 25 repetições, seguida da nota Cx, que apresentou um total de 22 repetições para três indivíduos. A nota An foi a única que foi compartilhada por todos os indivíduos, com o

total de 22 repetições, seguida da nota Z e da nota Bb, com total de 8 repetições para quatro indivíduos.

Tabela 5. Resultado de análise de regressão entre o coeficiente de Bray-Curtis e distância (m) entre indivíduos. Neste caso, o resultado para p não é significativo, e o r (Pearson) mostraria que existe uma fraca correlação negativa entre as variáveis.

n	r (Pearson)	R ²	t	GL	p
10	-0.4861	0.2363	-1.5733	8	0.1542

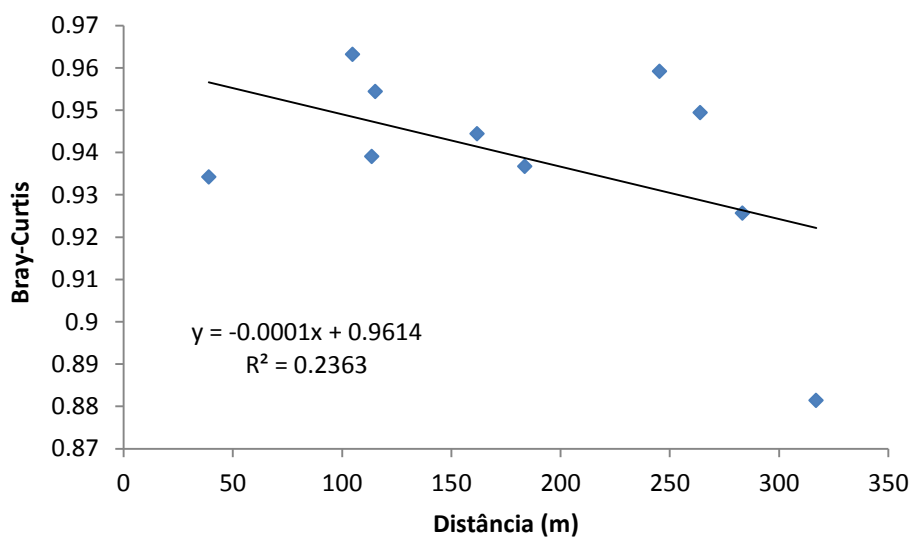


Figura 5. Gráfico de dispersão mostrando a correlação entre a distância (m) dos indivíduos e seus valores do coeficiente de Bray-Curtis. O sentido da reta mostra que a correlação é negativa e R^2 indica que apenas 23,63 % da variável Bray-Curtis é explicada pela variável Distância. O eixo Y mostra os valores de distância calculados pelo coeficiente Bray-Curtis.

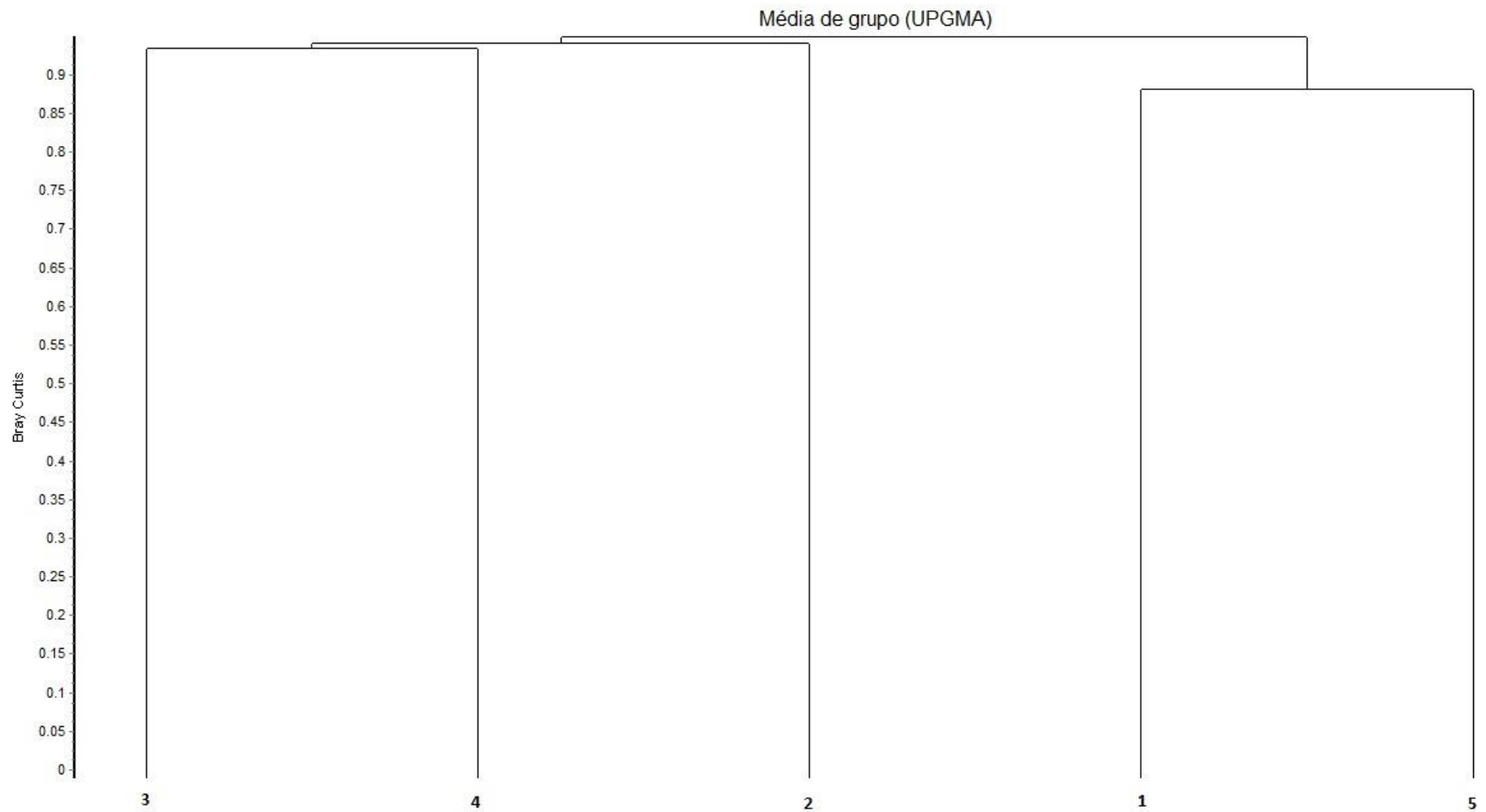


Figura 6. Dendrograma baseado no coeficiente de Bray-Curtis mostrando agrupamento dos indivíduos de acordo com repertório vocal. Segundo a figura, os Ind 3 e 4 seriam os mais distantes (Bray-Curtis = 0.96) e aqueles mais próximos seriam o Ind 2 e Ind 5 (Bray-Curtis = 0.88). O eixo Y mostra os valores de distância calculados pelo coeficiente Bray-Curtis.

5. DISCUSSÃO

As espécies do gênero *Turdus* apresentam uma grande variação de repertório individual. Essa variação afeta tanto a composição das notas quanto as sequências em que essas são emitidas. Apesar de não existirem estudos deste tipo especificamente para *Turdus leucomelas*, essa variabilidade pode ser encontrada em estudos com Sabiá-laranjeira, *Turdus rufiventris* (SILVA, 2001). O canto do *T. leucomelas* é composto por uma sequência de notas emitidas, e essas sequências são definidas de forma individual, o que faz com que cada nota seguinte seja, de certa forma, imprevisível. Porém, quando comparado ao *T. rufiventris*, o *T. leucomelas* aparenta ter um maior número de repetições consecutivas da mesma nota emitida em frases mais curtas e com maior número de trinados (SILVA, 2001). Ainda assim, cada indivíduo tem uma quantidade de tipos de notas que não são compartilhadas com nenhum vizinho. Nesse trabalho, como foi mostrado, apenas 39 das 364 notas são compartilhadas. Este tipo de canto passa, também, a ser chamado de versátil devido à capacidade de recombinação das notas, ou seja, a sequência destas não é fixa.

Essa habilidade de desenvolver sinais sonoros mais flexíveis requer do animal uma capacidade mental para aprender esses sinais de comunicação (VIELLIARD, 1987). É devido a esse processo de aprendizagem que essa espécie tem a possibilidade de inovar e desenvolver variedades intra-específicas das estruturas do canto, sem que haja perda do código de reconhecimento específico (VIELLIARD, 1987). Essa variação individual pôde ser facilmente comprovada ao se escutar os cantos emitidos por vizinhos da mesma espécie durante as coletas no CCEN. É importante destacar que a forma do canto versátil, além de propiciar o reconhecimento individual, também pode estar relacionado ao aumento da entropia, servindo para seleção sexual (VIELLIARD, 2004).

O canto em aves é tipicamente produzido por machos que competem pelo acesso a fêmeas, por isso, acredita-se que esse evolue e diverge especialmente como consequência da seleção sexual (PODOS, 2013). Ainda em seu capítulo, Podos (2013) presume que, tendo a evolução do canto como consequência da seleção sexual, os machos alcançariam maior sucesso reprodutivo ao cantarem, enquanto que os que não o fazem apresentariam menor sucesso. Ele ainda presume que o sucesso reprodutivo aumentaria através do uso de determinados padrões vocais e da redução do uso de

versos ou notas comuns. Tradicionalmente, os estudos baseados na variação vocal do repertório de indivíduos têm tentado explicar, juntamente com outros estudos sobre seleção sexual, a evolução da complexidade de sinais vocais (PODOS, 2013). Através desses, constatou-se que em algumas espécies, o tamanho do repertório vocal serve como indicador de qualidade de machos e aqueles com maiores repertórios muitas vezes demonstravam maior sucesso em período de acasalamento (PODOS, 2013). Nesse caso, a seleção natural seria um processo multidimensional que atuaria no repertório favorecendo o aumento, o desempenho e a precisão desse. No caso do presente estudo, a presença de uma grande variação na complexidade vocal indica que existem diferenças que poderiam ser utilizadas pelas fêmeas na escolha do parceiro, tal como preveem Silva e Vielliard (2006). Por outro lado, até que ponto a complexidade vocal pode servir como uma sinalização honesta, e de fato reflete a qualidade de um macho segue por ser testada.

Pode ser bastante complicado determinar o quão responsável pelo aumento no sucesso reprodutivo é o repertório vocal, uma vez que estes dados tendem a se correlacionar com outros fatores que influem também nesse sucesso, como a qualidade do território (PODOS, 2013). Segundo Silva e Vielliard (2006), o uso do repertório vocal seria inadequado para medir a capacidade que um indivíduo tem de atrair um parceiro em potencial. Isso se dá porque a quantidade dos tipos de notas emitidas por esse indivíduo depende do tamanho da amostra, que por sua vez falha em transmitir as diferenças das emissões de frequências de cada nota e a versatilidade das sequências do repertório. Uma outra possibilidade para a evolução do canto, sua aprendizagem e versatilidade, seria a vantagem que esses indivíduos teriam ao serem capazes de adaptar seus cantos a novos ambientes (RÍOS-CHELÉN et al, 2012)

De acordo com Magurran (2004), a medida de diversidade está baseada em três suposições. A primeira é que todas as espécies são iguais, ou seja, espécies que apresentam grande abundância em uma comunidade, não recebem peso especial. Neste caso, apenas a abundância relativa é considerada importante para a análise de diversidade. Os modelos de abundância podem ser classificados como estatístico ou biológico, apesar da distinção entre eles poder não ser tão clara (MAGURRAN, 2004). Atualmente, vários modelos estatísticos, especialmente o de log-normal, já possuem

explicações biológicas. A vantagem dos modelos estatísticos é que eles permitem que o pesquisador compare de forma objetiva os dois conjuntos de dados (MAGURRAN, 2004). Um ponto importante que devemos lembrar é que o fato de uma comunidade natural apresentar abundância de espécies que segue o padrão da abundância prevista pelo modelo significa, apenas, que para aqueles dados o modelo não foi rejeitado (MAGURRAN, 2004).

De acordo com nossos resultados, os dados de abundância de notas se encaixa nos padrões de abundância de espécies proposto pelo modelo log-normal. Como podem ser observados na [Figura 4.](#), os dados mostram uma distribuição normal, com os valores observados em campo bastante similares àqueles estimados pelo modelo. Esse resultado também pode ser observado na [Figura 3.](#), que mostra correlação significativa entre as variáveis de frequência esperada e observada. A linha de véu do modelo também parece ter ultrapassado o centro da distribuição log-normal, se deslocando para a esquerda, o que nos indica que a previsão de riqueza dada pelo modelo é confiável e que nossa amostragem foi satisfatória, apesar de existir alguma riqueza de notas ainda não amostradas, como indica o lado esquerdo da curva. A utilização da curva log-normal pode, para além de permitir a estimativa de riqueza, trazer informações adicionais acerca da eficiência da amostragem. No nosso caso a amostragem parece ter sido suficiente para permitir a previsão de riqueza (a linha de véu ultrapassou o topo da curva normal), mas também indica que ainda existem notas a serem amostradas.

Segundo Magurran (2004), a maioria de grandes taxocenoses estudadas por ecólogos, aparentam seguir o padrão de abundância de espécies do modelo de log-normal. Isso fez com que vários estudos fossem realizados na tentativa de explicar ecologicamente esses resultados. Em seu livro, Magurran (2004) descreve que um desses estudos apontou que o log-normal é consequência do Teorema do Limite Central. Segundo esse teorema, quando um grande número de fatores (processos ecológicos) agem para determinar a quantidade da variável (número de indivíduos por espécie), variações randômicas ocorrerão nesses fatores, fazendo com que a variável resulte em uma distribuição normal. Porém, outros pesquisadores sugerem que existem várias taxocenoses naturais que se enquadram nesse modelo de log-normal e portanto isso não poderia ser classificado como artifício estatístico, aproximando esse modelo aos

modelos biológicos (MAGURRAN, 2004). Além dessas incertezas acerca do uso do modelo log-normal em processos biológicos, existe o problema do uso deste para dados empíricos. Por ser uma curva simétrica, quando dados derivados de amostras são utilizados, a porção esquerda da curva desse modelo, que representa espécies raras ou difíceis de amostrar, pode ficar obscurecida, como de fato ocorre com os nossos dados.

Nesse trabalho, duas outras técnicas não-paramétricas, que representam um dos maiores avanços para medir biodiversidade (MAGURRAN, 2004), foram utilizadas para estimar a riqueza de notas para *Turdus leucomelas*. Essas são classificadas assim pois não tomam como base os parâmetros do modelo de abundância de espécies, dependendo da distribuição dessas. Os resultados de Chao 1 e ACE, para cada indivíduo, foram bastante semelhantes (Figura 2.), o que aumenta a confiança do método. Tal como discutido por Maguran (2004) , Chao 1 possui uma tendência de subestimar a riqueza de espécies, principalmente se não for feita uma boa amostragem, sendo o índice Chao 1 frequentemente utilizado como riqueza mínima. Para estimadores não paramétricos, o tamanho da amostra, a existência de manchas e a abundância são fundamentais para o desempenho desses estimadores (MAGURRAN, 2004). No nosso trabalho os índices não paramétricos diferiram bastante do índice obtido por meio da log-normal, colocando certa dúvida acerca do método mais adequado para determinar a riqueza de repertórios vocais.

Outro método usado foi o da Curva de Rarefação $S(est)$. Esse método ilustra o ritmo em que novas espécies são encontradas, e não é utilizado aqui para mostrar a riqueza total, uma vez que para tal seria necessário uma coleta de dados mais intensiva. É necessário compreender que a curva de rarefação continuará a aumentar, assim como a incerteza de quando atingiria a riqueza máxima (KREBS, 2014). Por outro lado, a comparação entre $S(est)$ e os demais estimadores, pode indicar quão próximo a amostragem estaria de descrever a comunidade. Mais uma vez, a comparação entre os estimadores Chao 1 e ACE com a $S(est)$ indicam que alguma amostragem ainda é necessária para que toda a composição do repertório vocal seja amostrado.

Os índices de diversidade Shannon e Simpson também foram usados para calcular a complexidade dos repertórios. Segundo Magurran (2004), o índice de Simpson é um dos mais significativos e robustos para o cálculo de medidas de

diversidade. Lande et al (2000 apud MAGURRAN, 2004) acredita que o índice de Simpson é mais efetivo do que curvas de acúmulo de espécies. Contudo, Simpson tende fortemente para as espécies mais abundantes na amostra, sendo menos sensível à riqueza de espécies. Os nossos resultados mostraram maiores índice de Simpson para os indivíduos 2 e 4, isso quer dizer que as chances de se pegar notas diferentes para esses indivíduos são maiores. Isso poderia estar relacionado à frequência de notas apresentadas por esses indivíduos, porém são necessárias mais análises.

Em seu livro, Magurran (2004) afirma que os valores de Shannon geralmente ficam entre 1,5 e 3,5 , raramente passando de 4. Para três dos cinco indivíduos analisado, o índice de Shannon resultou superior ou igual a 4. Esses valores confirmam o que vem sendo relatado em vários estudos: a alta complexidade do repertório de *Turdus*. De acordo com os resultados, o indivíduo 3 foi o que apresentou maior índice (4,14), seguido pelos indivíduos 2 e 4. Esse padrão de Shannon é interessante pois segue o padrão de indivíduos com maior quantidade de notas e segundo Silva e Vielliard (2006) o tamanho do repertório de *Colibri serrirostris* não traz informações relevantes acerca da estrutura de cantos complexos.

A análise de agrupamento realizada com as notas dos cinco indivíduos mostrou que estes podem ser agrupados de acordo com a [Figura 6](#). Os indivíduos colocados em um mesmo grupo são tidos como mais diferentes entre si, de acordo com o índice de dissimilaridade Bray-Curtis. A partir desse índice, o teste de correlação usando coeficiente de Pearson foi realizado com o intuito de descobrir se os resultados da análise de agrupamento estariam correlacionados com as distâncias geográficas dos indivíduos e o resultado foi não significativo. Apesar de não ter encontrado trabalho semelhante para *T. leucomelas*, Silva (2001) se deparou com resultados semelhantes em sua análise com *T. rufiventris*. Nelson e Marler (1994 apud SILVA, 2001) propõem um modelo de canto aprendido em que os indivíduos teriam armazenado uma grande quantidade de dialeto previamente e que ao entrar em contato com outros indivíduos, os dialetos semelhantes seriam descartados. Outra proposta interessante é a de Catchpole e Slater (1995 apud SILVA, 2001), em que a similaridade entre indivíduos mais distantes seria justificada pela possibilidade do processo de aprendizagem ocorrer antes da dispersão e da escolha de território. Isso seria possível se cogitarmos a possibilidade de

Turdus leucomelas apresentar padrão dispersão similar à *Colibri serrirostris* (SILVIA; VIELLIARD, 2006), cuja vida nômade cessa apenas em época de acasalamento com a determinação do território. Assim, os indivíduos seriam expostos a diferentes padrões sonoros. Contudo, não possuo os dados sobre a dispersão de sabiás.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que é possível utilizar índices ecológicos para descrever a complexidade vocal. As ferramentas ecológicas apresentam grande potencial para avaliar sistemas de comunicação complexos e comparar as informações por eles obtidas e processos biológicos evolutivos (SILVA; PIQUEIRA; VIELLIARD, 2000). O uso de diferentes índices é interessante pois cada um apresenta uma peculiaridade. O Chao 1, por exemplo, que sempre subestima seus resultados, pode ser tido como estimativa mínima. O modelo de log-normal é interessante porque além de estimar a riqueza de espécies, ele traz informações acerca da eficiência da amostragem. Devido a complexidade vocal, essas aves têm a habilidade de desenvolver variedades intra-específica na estrutura de seus cantos que propiciam reconhecimento individual, que aumentaria o fitness do indivíduo. A descrição desses repertórios poderia nos ajudar a entender como ocorre a seleção sexual em *Turdus leucomelas*.

7. REFERÊNCIAS

ALTEFF, E.F. **Estimativa de riqueza, composição de espécies e conservação de avifauna na estação Ecológica do Panga, Uberlândia, MG, Brasil**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

AVELINO, M.F.. **Análise bioacústica e tratamento multimídia do canto do tico-tico *Zonotrichia capensis* (Aves, Emberizidae) das populações das regiões entre campinas e botucatu**. 2003. 85 f. Dissertação (Mestrado em Multimeios) - Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BARROS, R.S.M. **Medidas de diversidade biológica**. 2007. Disponível em: < http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/Estagio_docencia_Ronald1.pdf >. Acesso em: 19 de Maio de 2016.

BERTRAM, S.M.; WARREN, P.S. Trade-offs in signalling components differ with signalling effort. **Animal Behaviour**, v. 70, p. 477–484, 2005. Doi:10.1016/j.anbehav.2004.09.024

BIBBY, C.J. et al. **Bird Census Techniques**. Academic Press, London, 2000.

BUCKLAND, S.T. et al. Monitoring change in biodiversity through composite indices. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 360, p. 243–254, 2005. Doi:10.1098/rstb.2004.1589.

CHAO, A. Species richness estimation. In: BALAKRISHNAN, N.; READ, C. B.; VIDAKOVIC, B. **Encyclopedia of Statistical Sciences**. New York: Wiley, 2005. p. 7909-7916.

CHAZDON, R. L. et al. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. In: DALLMEIER, F.; COMISKEY, J. A. **Forest biodiversity research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies**. Paris: Parthenon Publishing, 1998. p. 285-309.

COLWELL, R. K. et al. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v. 5, p. 3-21, 2012. Doi: 10.1093/jpe/rtr044

CORBO, M.C. **Tratamento multimídia da variação individual do canto de *Troglodytes aedon* (Troglodytidae) na cidade de Campinas, Estado de São Paulo**. 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado em Multimeios) – Instituto de Artes, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

DIAS, S.C. Planejando estudos de diversidade e riqueza: uma abordagem para estudantes de graduação. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, no. 4, p. 373-379, 2004

FONT, E.; CARAZO, P. Animals in translation: why there is meaning (but probably no message) in animal communication. **Animal Behaviour**, v. 80, n. 2, p. e1-e6, agosto 2010. doi:10.1016/j.anbehav.2010.05.015

GOOGLE. **Google Earth**. Versão 7.1.5.1557. 2016. Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: < <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/explore/products/plugin.html> >. Acesso em: 20 de Maio de 2016.

HARRISA, A.J. et al. Estimating repertoire size in a songbird: a comparison of three techniques. **Bioacoustics**, p. 1-14. 2016. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1080/09524622.2016.1138416> >.

HERZOG, S. K.; KESSLER, M.; CAHILL, T.M. Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. **The Auk**, v. 119, n. 3, p. 749-769, 2002. DOI: [http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038\(2002\)119\[0749:ESROTB\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1642/0004-8038(2002)119[0749:ESROTB]2.0.CO;2).

HOLMES, R. T.; SHERRY, T. W.; STURGES, F. W. Bird community dynamics in a temperate deciduous forest: Long-term trends at Hubbard Brook. **Ecological Monographs**, v. 56, p.201–220, 1986.

IBÁÑEZ-MARTÍ, J.J; GARCÍA-ÁLVAREZ, A. Diversidad: biodiversidad edáfica y geodiversidad. **Edafologia**, v. 9, n. 3, p. 329-385, 2002.

KREBS, C.J. **Ecological Methodology**. 2nd Ed. Califórnia: Addison-Welsey Educational Publishers, Inc. 2014.

LOBATO, D.N.C. **Indicadores hematológicos e parasitológicos como ferramentas ecológicas para avaliar a saúde de Turdus leucomelas (Passeriformes)**. 2007. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. 1 Ed. Oxford: Blackwell Science, 2004.

PETERNELLI, L.A. **Capítulo 9: Regressão Linear e correlação**. S.d. Disponível em: < <http://www.dpi.ufv.br/~peterneli/inf162.www.16032004/materiais.html> >. Acessado em: 19 de Maio de 2016.

PIANKA, E.R. **Evolutionary Ecology**. 5. Ed. New York: HarperCollins, 1994. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=giFL5bonGhQC&pg=PR4&lpg=PR4&dq=Eric+R.+Pianka&source=bl&ots=NzbXuswMDu&sig=uvIUaLGnIRkQRjEMPvZxAj8_FJw&hl=en&sa=X&ei=gST5UZuAOonFqgGi44HoCg&redir_esc=y#v=onepage&q=richness&f=false>. Acesso em: 21 de Maio de 2016.

PODOS, J. Sexual selection and the evolution of vocal mating signals: lessons from Neotropical songbirds. In: MACEDO, R.; MACHADO, G. **Sexual Selection: Perspectives and Models from the Neotropics**. Amsterdam: Elsevier, 2013. p. 341–363. Disponível em :

<<https://books.google.com.br/books?id=MYNqAAAAQBAJ&pg=PA361&lpg=PA361&dq=RIDGELY,+R.+S.+%26+TUDOR,+G.+2001.+The+Birds+of+South+America.+Vol+II.+The+Oscine+Passerines&source=bl&ots=GhJ0-Z3tEZ&sig=sAXfD-zV8dbg50zygBEwdpYPA34&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjQz5O86-7MAhVBzIMKHZMbBnQQ6AEIQjAH#v=snippet&q=songd&f=false>>. Acessado em: 20 de Maio de 2016.

RICKLEFS, R.E. Comparative demography of new world populations of thrushes (*Turdus* spp.). **Ecological Monographs**, v. 67, n. 1, p. 23–43, 1997.

RÍOS-CHELÉN, A. A. et al. The learning advantage: bird species that learn their song show a tighter adjustment of song to noisy environments than those that do not learn. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 25, p. 2171–2180, 2012.
Doi:10.1111/j.1420-9101.2012.02597.x

SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies. In: CULLEN Jr., L. et al. (Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: Ed. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 19-41.

SILVA, M.L. **Estrutura e organização de sinais de comunicação complexos: o caso do Sabiá-laranjeira *Turdus rufiventris* (Aves, Passeriformes, Turdinae)**. 2001. 174 f. Tese (Doutorado em Psicologia) - Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SILVA, M.L.; PIQUEIRA, J.R.C.; VIELLIARD, J.M.E. Using Shannon Entropy on Measuring the Individual Variability in the Rufous-bellied Thrush *Turdus rufiventris* Vocal Communication. **Journal of Theoretical Biology**, v. 207, p. 57-64, 2000.
Doi:10.1006/jtbi.2000.2155

SILVA, M.L.; VIELLIARD, J.M.E. Entropy calculations for measuring bird song diversity: the case of the White-vented Violet-ear (*Colibri serrirostris*) (Aves, Trochilidae). **Razprave IV. razreda SAZU**, v. 47, n. 3, p.37–49, 2006.

SOUSA, J.R.P.; ESPOSITO, M.C.; CARVALHO FILHO, F.S. Composição, abundância e riqueza de Calliphoridae (Diptera) das matas e clareiras com diferentes coberturas vegetais da Base de Extração Petrolífera, bacia do Rio Urucu, Coari, Amazonas. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 2, p. 270–276, junho 2010.

SOUZA, A.L. Avaliação do uso de assinaturas vocais como ferramenta de monitoramento de aves. 2015. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Pesquisa%20em%20UCs/autorizacoes_e_projetos_2015/Projeto_51_15.pdf>. Acesso em: 24 de maio de 2016.

VIELLIARD, J.M.E. Uso da bioacústica na observação das aves. In: Encontro Nacional de Anilhadores de Aves, 2, 1987, Rio de Janeiro. **Anais - II Encontro Nacional de Anilhadores de Aves**, Rio de Janeiro: s.n. 1987. p. 98-121.

VIELLIARD, J.M.E. A diversidade de sinais e sistemas de comunicação sonora na fauna brasileira. In: Seminário Música Ciência Tecnologia: Acústica Musical, 1., 2004, São Paulo. **Anais - I Seminário Música Ciência Tecnologia: Acústica Musical**. IME / USP, 2004. p. 145-152.

VIELLIARD, J. M. E; SILVA, M. L. A Bioacústica como ferramenta de pesquisa em Comportamento animal. In: Assis, G.; Brito, R.; Martin, W.L. (Org.). **Estudos do Comportamento II**. Belém: Editora da UFPA, 2010. p. 141-156.

VIELLIARD, J.M.E ; SILVA, M.L. Bioacústica - Bases teóricas e regras práticas de uso em ornitologia. In: MATTER, S.V.; STRAUBE, F.C.; ACCORDI, I.; PIACENTINI, V.; CÂNDIDO-JR, J.F (Org.). **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**. Ed. Technical Books, 2010. p. 1-12.

VOGEL, H.F. et al. Research into brazilian thrushes: bibliographies, species and next steps. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 468-477, Mar./Abr. 2013.

WEAVER, W. 1949. Some Recent Contributions to the Mathematical Theory of Communication. In: The Mathematical Theory of Communication, Shannon, C. and Weaver, W. (Eds). University of Illinois Press: EUA.

APÊNDICE I

Tabela 6. Composição de notas do repertório do Indivíduo 1. A nota Ar As foi inicialmente tida como notas diferentes, porém acredita-se que sejam na verdade a nota Cr.

Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância
A	12	Ax	2	K	3	Y	14
Aa	4	Ay	2	L	4	Z	7
Ab	1	Az	1	L M	3		
Ac	4	B	11	M	8		
Ad	6	Ba	2	Mj	1		
Ae	1	Bb	3	Mk	1		
Af	2	Bc	5	Ml	1		
Ag	13	Bd	2	Mm	1		
Ah	6	Be	1	Mn	1		
Ai	3	Bf	2	Mo	1		
Aj	2	Bg	4	Mp	1		
Ak	3	Bh	5	Mq	1		
Al	1	Bi	2	Mr	1		
Am	3	Bj	1	Ms	1		
An	3	Bk	2	N	1		
Ao	3	Bm	2	O	3		
Ap	3	C	17	P	3		
Aq	1	D	8	Q R	7		
Ar							
As*	17	E	3	S	3		
At	2	F	3	T	8		
Au	1	G	7	Taa	1		
Av	1	Gaa	3	U	3		
Ava	1	H	8	V	2		
Avb	1	I	8	W	4		
Aw	2	J	1	X	1		

Tabela 7. Composição de notas do repertório do Indivíduo 2.

Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância
Ab	2	Fm	6	Gn	1
An	7	Fn	7	Go	1
Aq	1	Fo	4	Gp	1
Av	6	Fp	4	Gq	1
Bb	1	Fq	2	Gr	2
Cd	1	Fr	3	Gs	12
Cm	6	Fs	2	Gt	9
Cn	2	Fsa	2	Gu	2
Cx	16	Ft	2	Gv	4
D	1	Fu	1	Gw	4
Dg	1	Fv	6	Gx	2
Dw	12	Fw	2	Gy	3
Dx	1	Fx	4	Gz	2
Eh	1	Fy	4	Ha	2
En	3	Fz	3	Hb	1
F	3	Ga	3	Hc	1
Fa	5	Gb	2	Hd	1
Fb	2	Gc	9	He	1
Fc	6	Gd	7	Hf	1
Fd	6	Ge	5	Hg	1
Fe	2	Gf	9	Hh	1
Ff	1	Gg	11	Hi	1
Fg	1	Gh	7	Hj	1
Fh	3	Gi	2	Hk	1
Fi	2	Gj	4	Hi	1
Fj	2	Gk	2	P	4
Fk	8	Gl	1	T	2
Fl	7	Gm	1	Z	1

Tabela 8. Composição de notas do repertório do Indivíduo 3.

Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância
Ad	1	Cga	2	Df	2	Ec	1
Ai	1	Ch	3	Dg	4	Ed	2
An	2	Ci	4	Dh	3	Ee	1
B	1	Cj	2	Di	6	Ef	3
Bb	2	Ck	2	Dj	1	Eg	6
Bn	2	Cl	2	Djz	1	Eh	6
Bo	1	Cm	4	Dk	5	Eha	1
Bp	1	Cn	3	Di	2	Ei	4
Bq	2	Can	1	Dm	1	Ej	5
Br	2	Co	4	Dn	3	Ek	4
Bs	8	Cp	7	Do	1	El	1
Bt	1	Cq	12	Dp	1	Em	2
Bu	2	Cr*	26	Dq	2	En	0
Bv	1	Cs	2	Dr	1	Eo	1
Bw	2	Ct	1	Ds	1	Ep	2
Bx	4	Cu	2	Dt	1	Eq	22
By	1	Cv	1	Du	1	Er	1
Bz	1	Cw	1	Dv	2	Es	1
Ca	1	Cx	4	Dw	1	Et	7
Cb	1	Cz	9	Dx	1	Eu	1
Cc	2	Da	1	Dy	2	Ev	1
Cd	4	Db	1	Dz	1	Ew	4
Ce	5	Dc	1	E	2	Ex	2
Cf	1	Dd	2	Ea	1	Ey	9
Cg	4	De	2	Eb	2	Ez	1

Tabela 9. Composição de notas do repertório do Indivíduo 4.

Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância
A	4	Hu	12	Iu	2
An	7	Hv	4	Iv	1
Bs	1	Hw	4	Iw	1
C	2	Hx	4	Ix	2
Ca	2	Hy	8	Iy	2
Co	1	Hz	12	Iz	4
Cw	5	Ia	8	Ja	2
Cx	2	Iaa	4	Jb	2
Dw	3	Ib	1	Jc	1
Dz	5	Ic	1	Jd	1
E	2	Id	17	Je	1
Ee	6	Ie	18	Jf	2
Ei	1	If	7	Jg	2
Eq	3	Ig	9	Jh	1
Ez	1	Ih	2	Ji	2
G	3	Ii	2	Jj	3
Gb	2	Ij	4	Jk	2
Gv	1	Ik	1	Jl	5
Hm	5	Il	10	Jm	1
Hn	12	Im	3	Jn	1
Ho	8	In	2	Jp	1
Hp	9	Io	1	Jq	1
Hpa	2	Ip	1	Jr	1
Hq	1	Iq	1	Js	1
Hr	4	Ir	2	Jt	1
Hs	3	Is	1	Ju	1
Ht	3	It	4	Z	3

Tabela 10. Composição de notas do repertório do Indivíduo 5.

Notas	Abundância	Notas	Abundância	Notas	Abundância
Ad	4	Kl	2	Lm	6
An	3	Km	1	Ln	3
Bb	2	Kn	1	Lo	5
Ca	4	Ko	10	Lp	3
Ce	13	Kp	6	Lq	2
D	5	Kq	2	Lr	1
Ez	1	Kr	2	Ls	1
Gc	1	Ks	6	Lt	1
Gf	2	Kt	11	Lu	1
Jl	1	Ku	2	Lv	1
Jv	12	Kv	1	Lw	1
Jw	12	Kw	7	Lx	2
Jx	12	Kx	2	Ly	1
Jy	4	Ky	2	Lz	2
Jz	2	Kz	3	Ma	1
Ka	5	La	2	Mb	1
Kb	7	Lb	2	Mc	1
Kc	10	Lc	7	Md	1
Kd	2	Ld	4	Me	1
Ke	3	Le	2	Mf	1
Kf	2	Lf	2	Mg	1
Kg	4	Lg	2	Mh	1
Kh	11	Lh	2	Mi	1
Ki	6	Li	2	Z	31
Kj	2	Lj	1		
Kk	2	Lk	2		

Tabela 11. Notas compartilhadas por indivíduos da espécie *Turdus leucomelas*. A nota An é a única compartilhada por todos os 5 indivíduos, seguida das notas Bb e Z, compartilhadas por quatro. A nota Cr foi acrescentada devido a classificação errônea da nota ArAs, portanto seriam a mesma nota.

Notas	Abundância	Notas	Abundância
A	16	Dg	5
Ab	3	Dw	16
Ad	11	Dx	2
Ai	4	Dz	6
An	22	E	7
Aq	2	Eh	7
Av	7	Ei	5
B	12	Eq	25
Bb	8	Ez	3
Bs	9	F	6
C	19	G	10
Ca	7	Gb	4
Cd	5	Gc	10
Ce	18	Gf	11
Cm	10	Gv	5
Cn	5	Jl	6
Co	5	P	7
Cw	6	T	10
Cx	22	Z	42
D	14	Cr*	43

APÊNDICE II

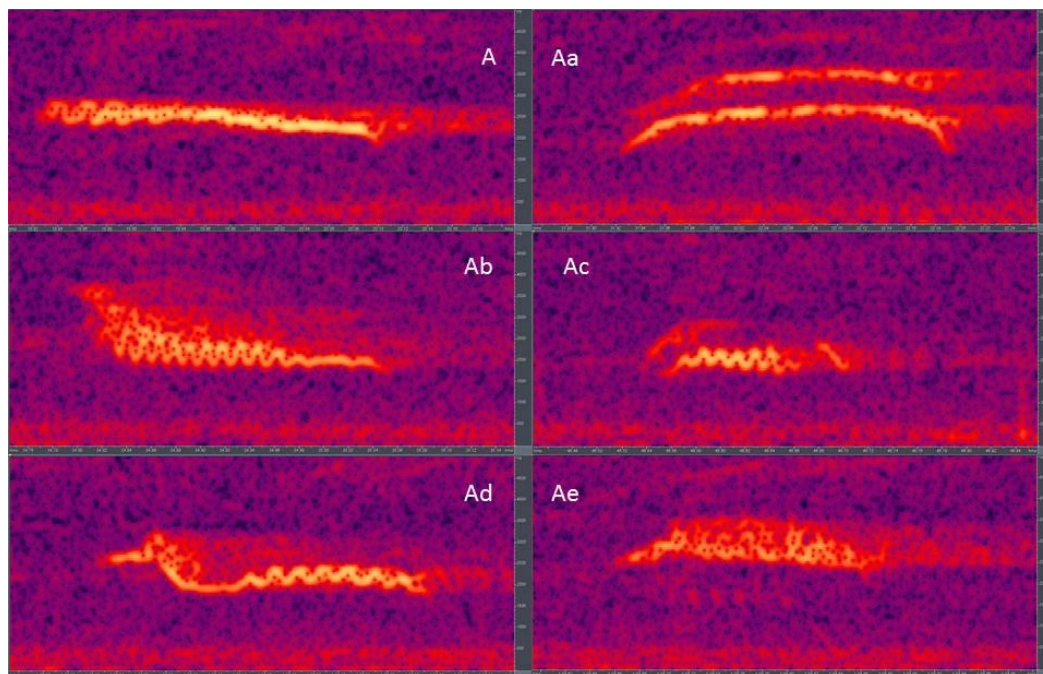


Figura 7. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

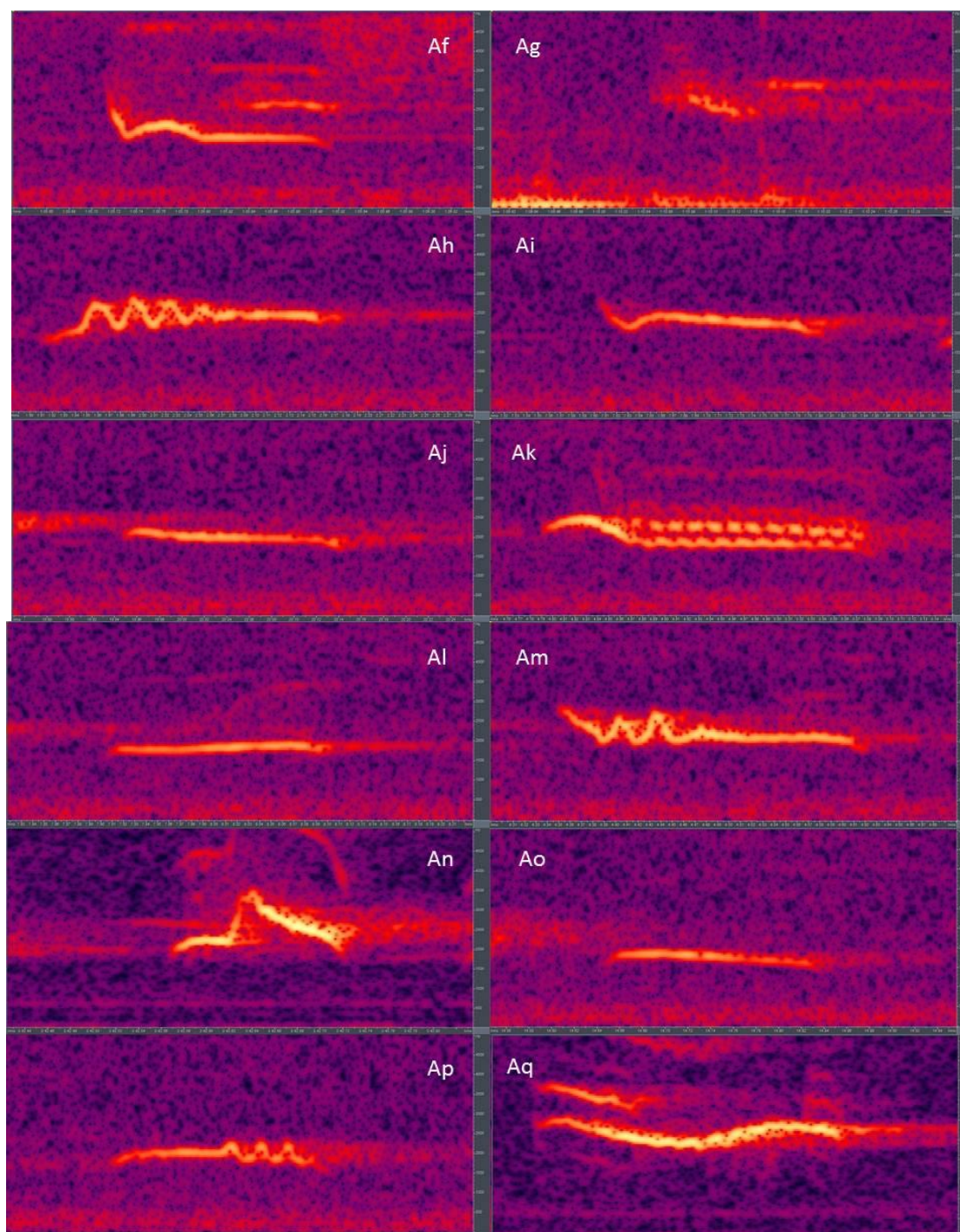


Figura 8. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

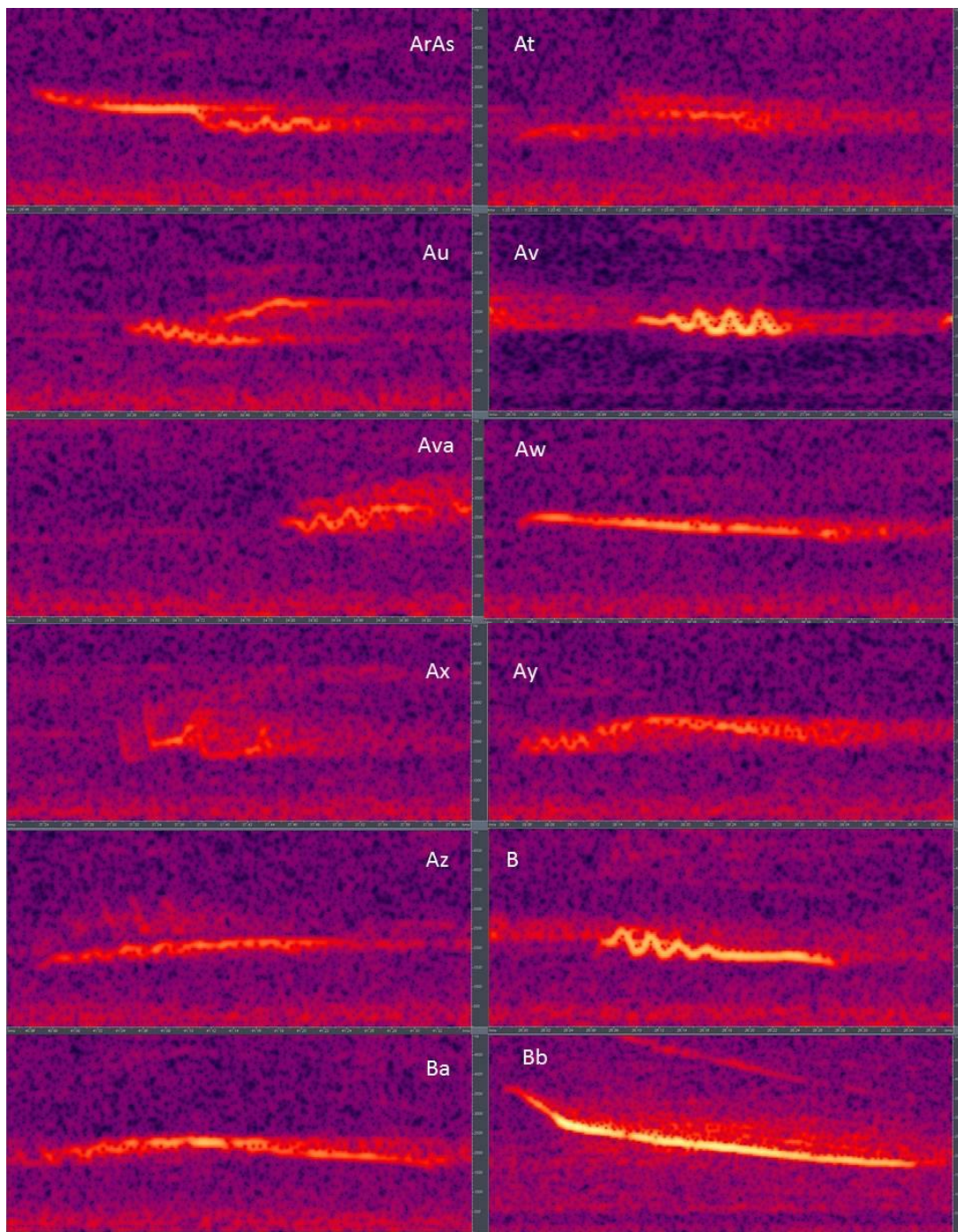


Figura 9. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

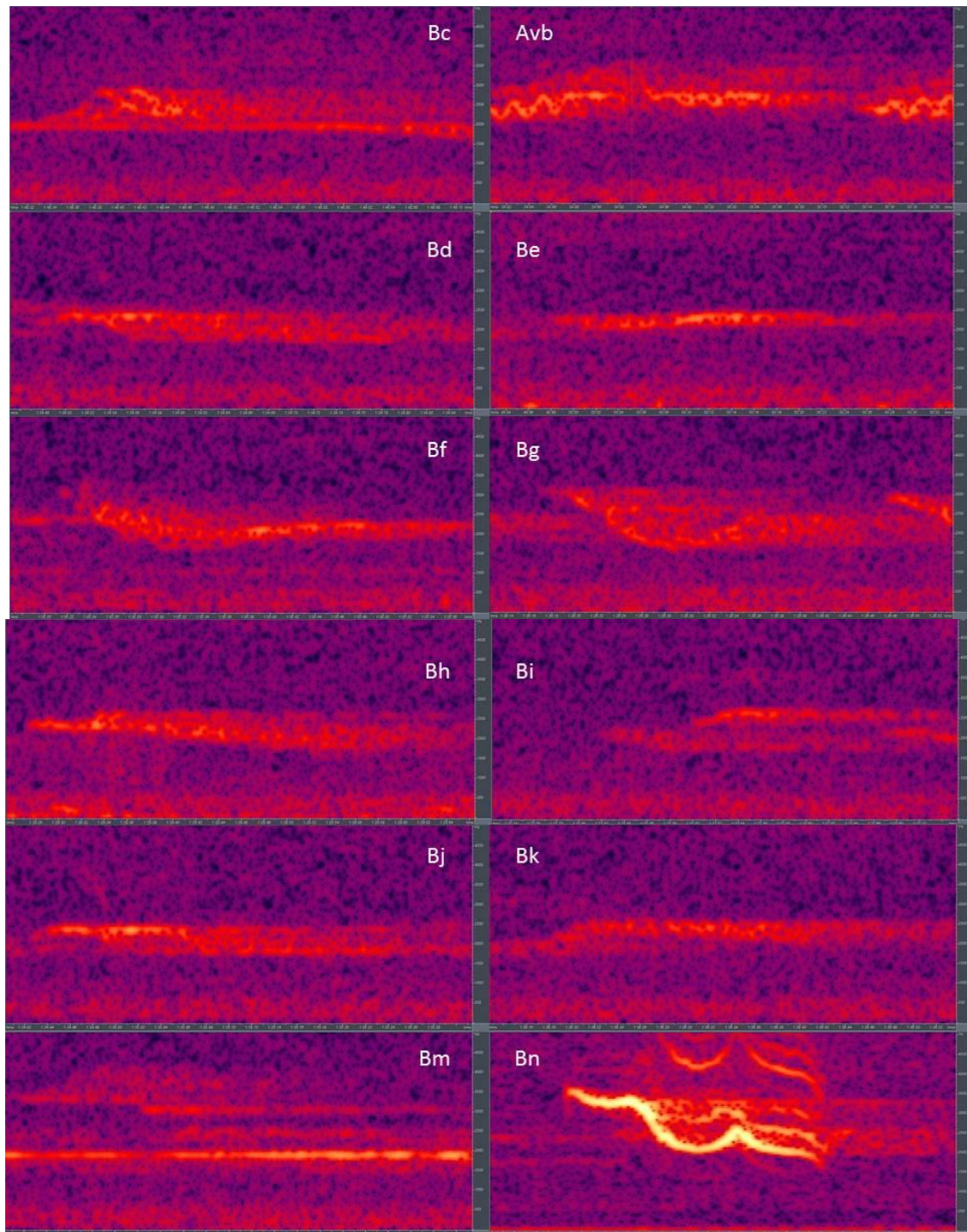


Figura 10. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

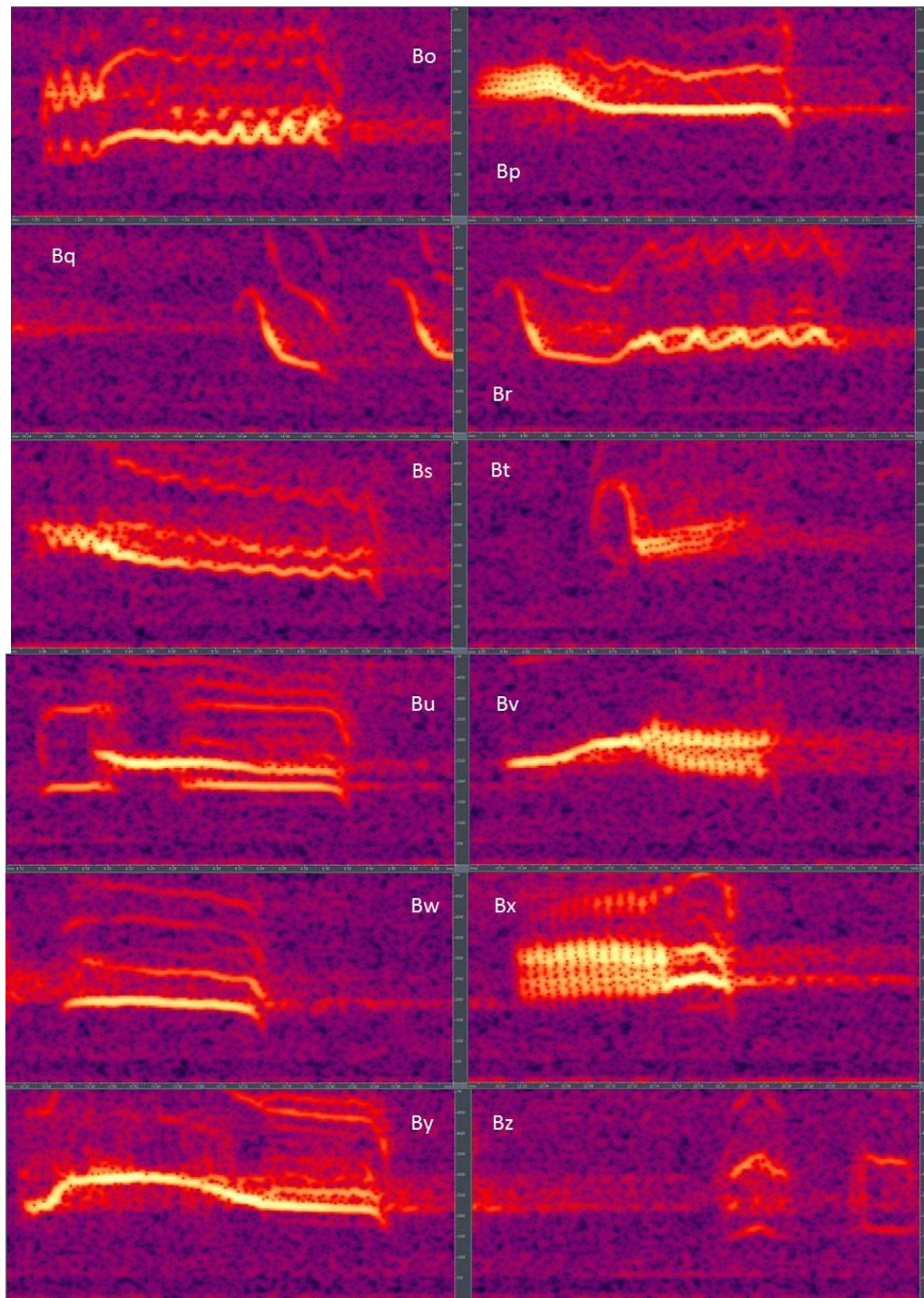


Figura 11. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

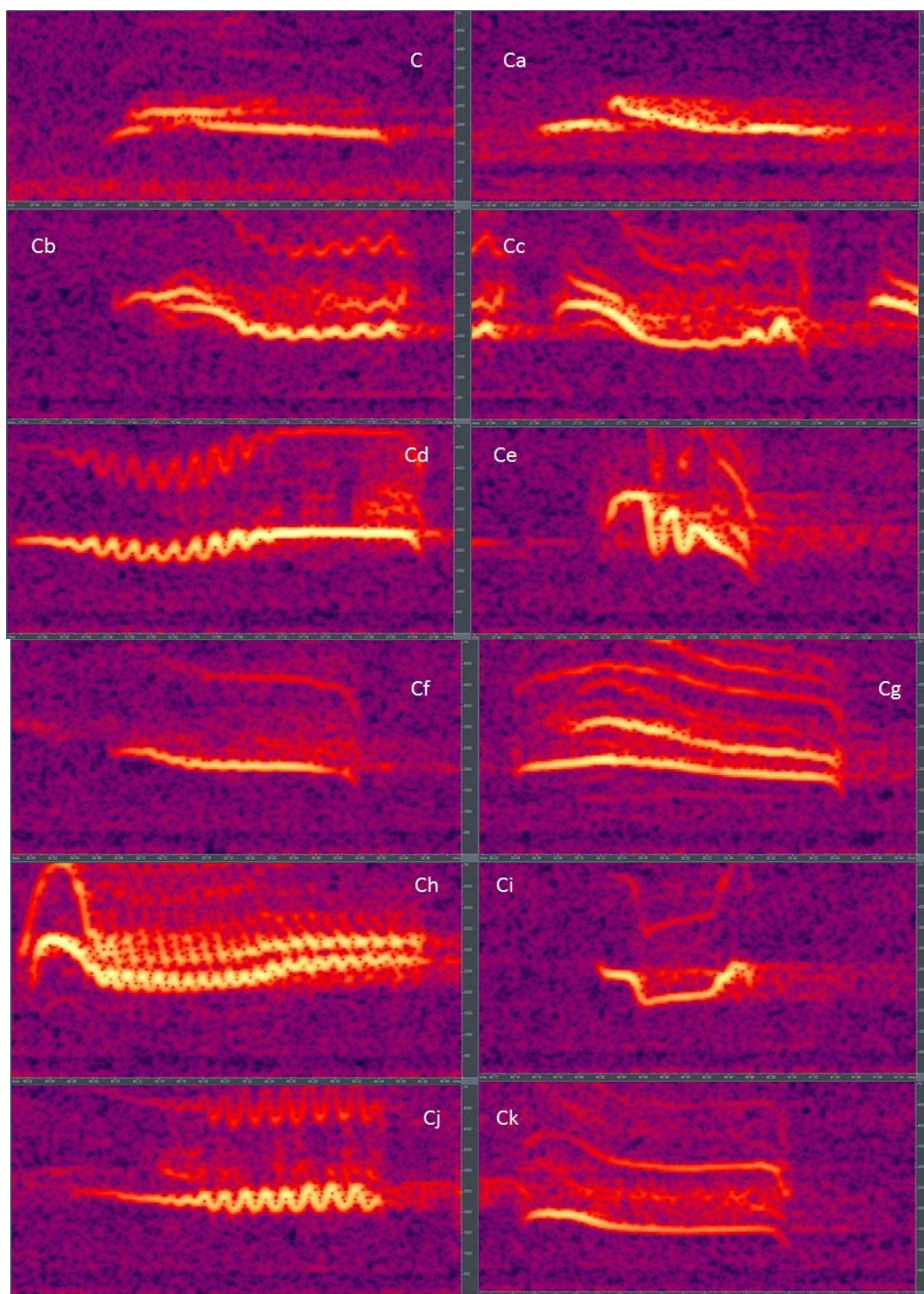


Figura 12. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

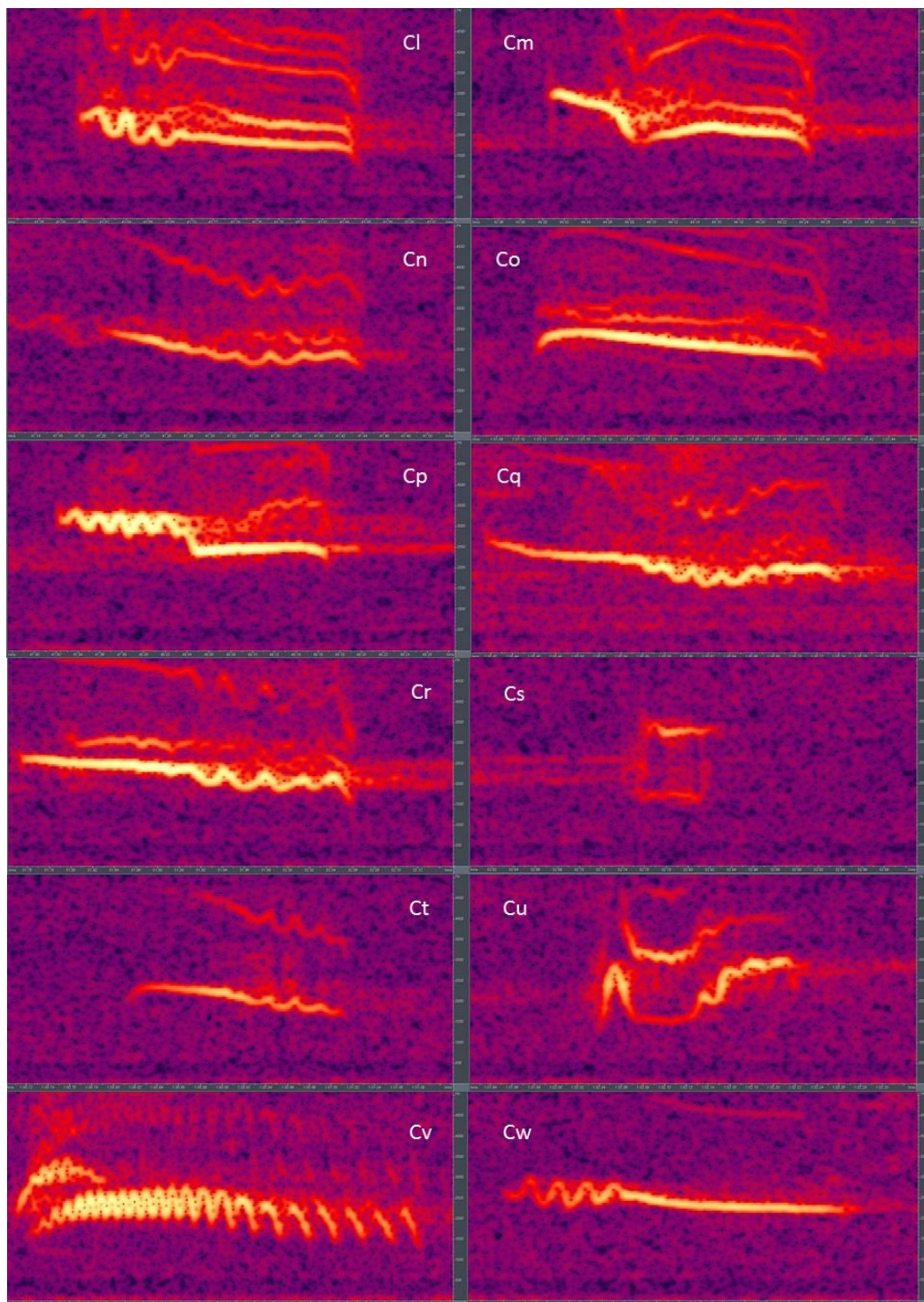


Figura 13. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

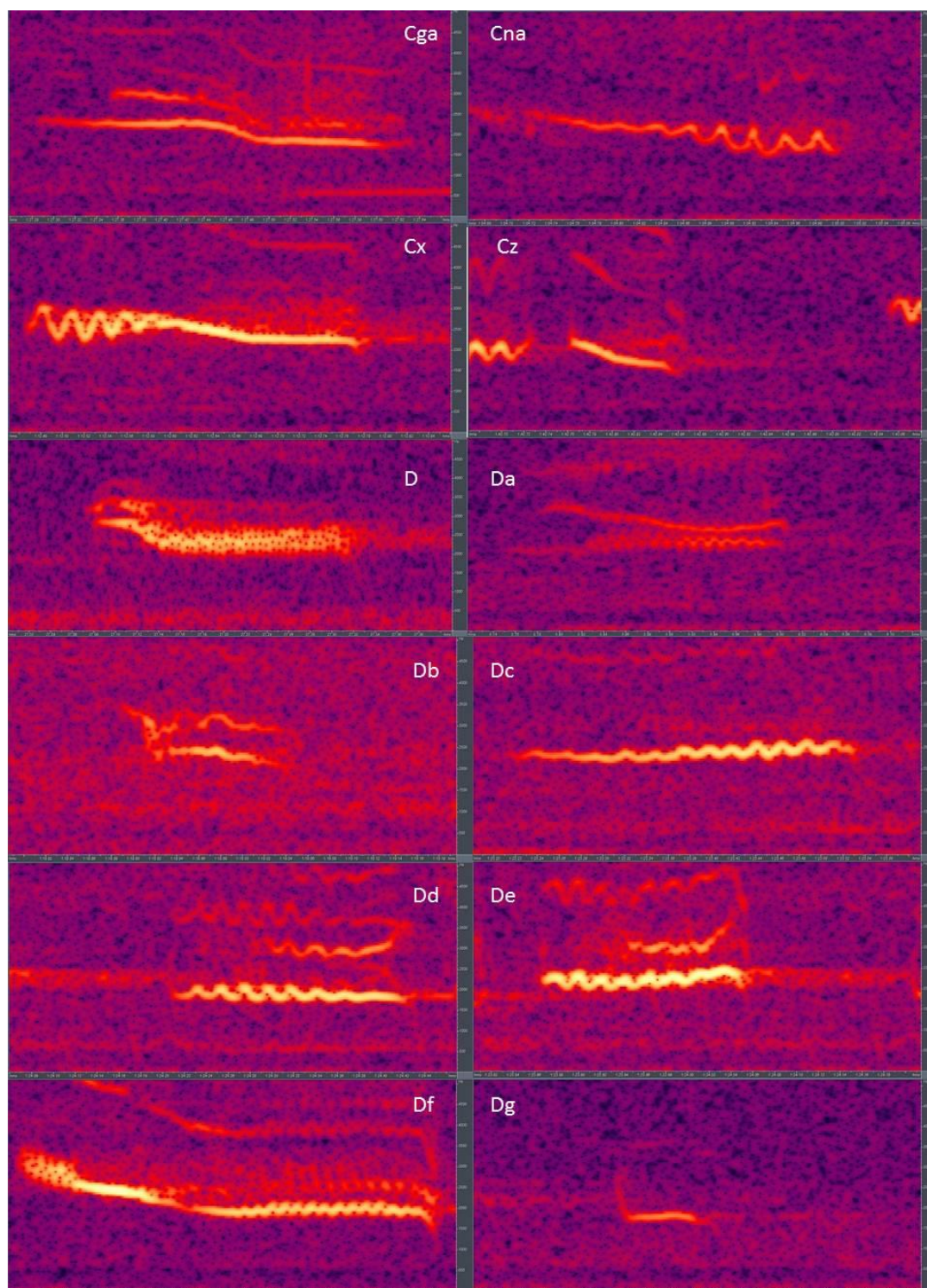


Figura 14. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

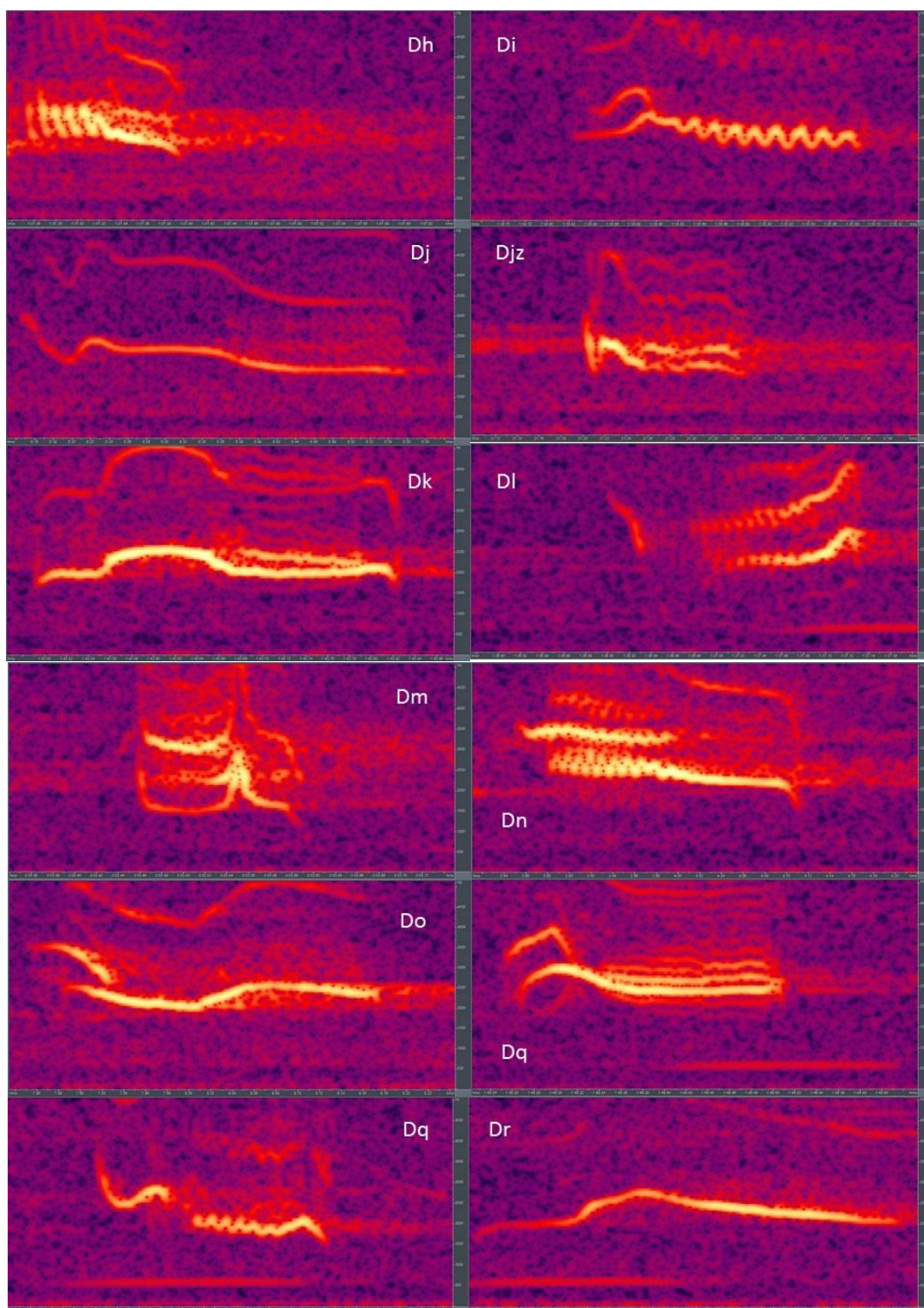


Figura 15. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

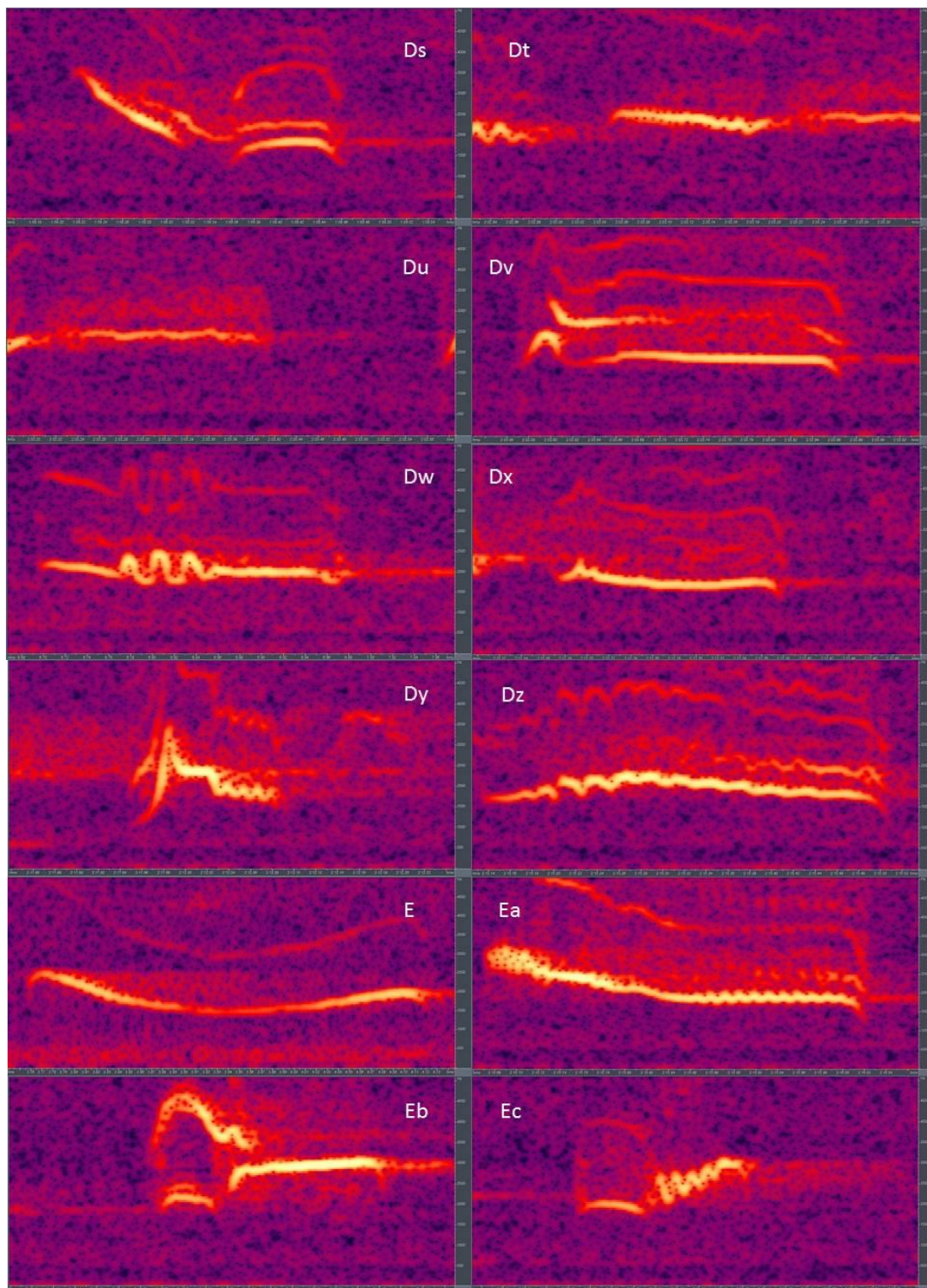


Figura 16. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

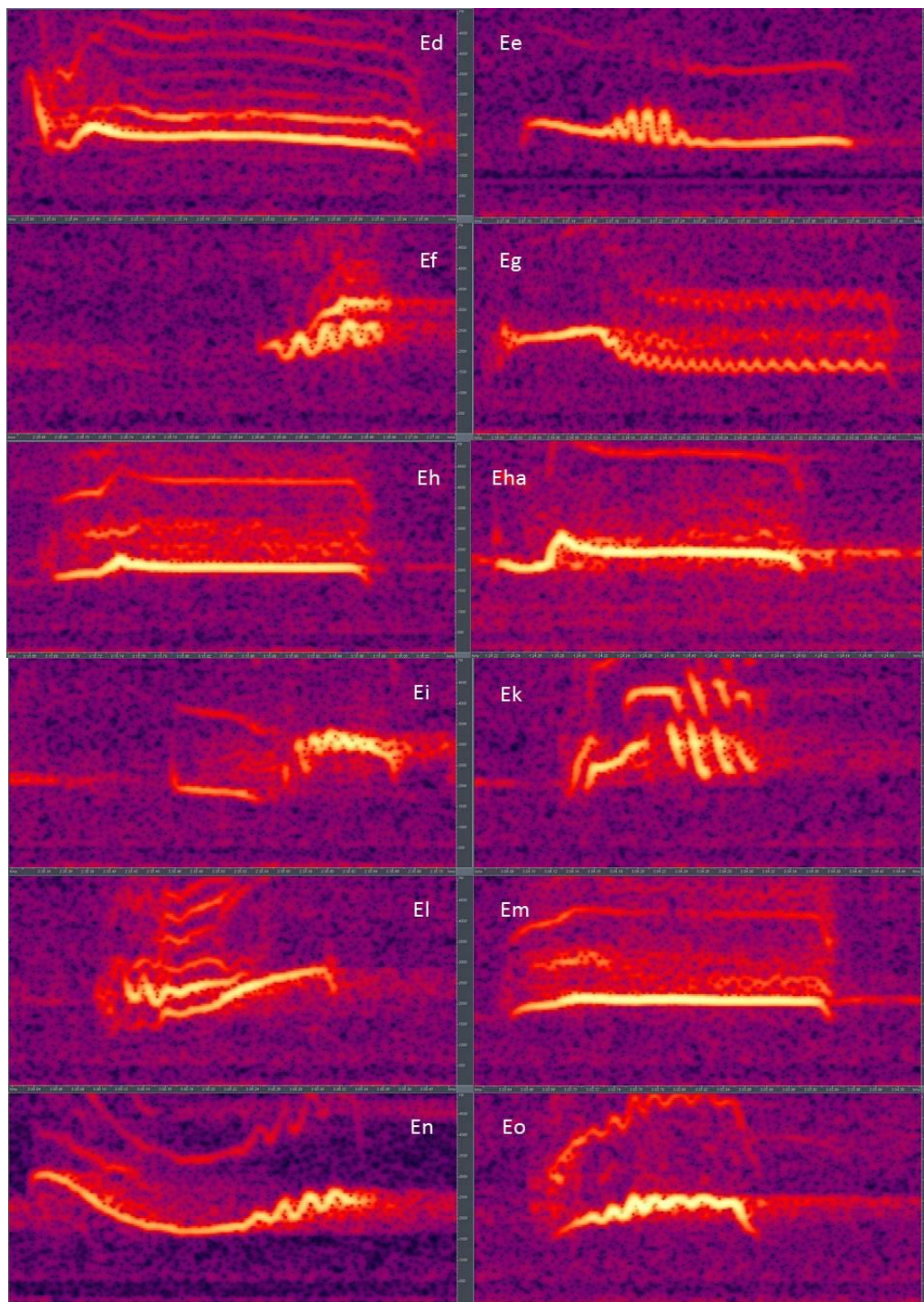


Figura 17. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

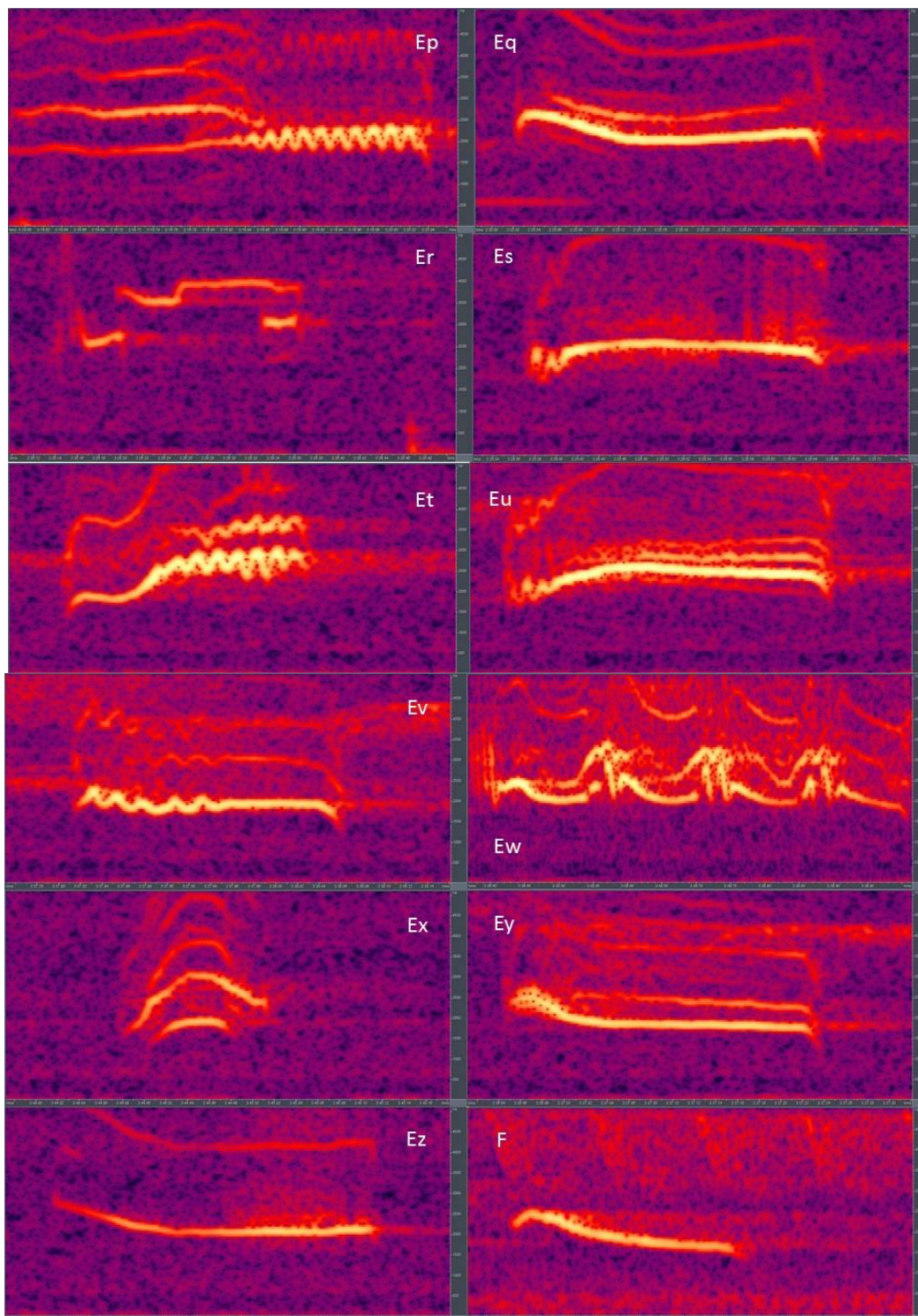


Figura 18. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

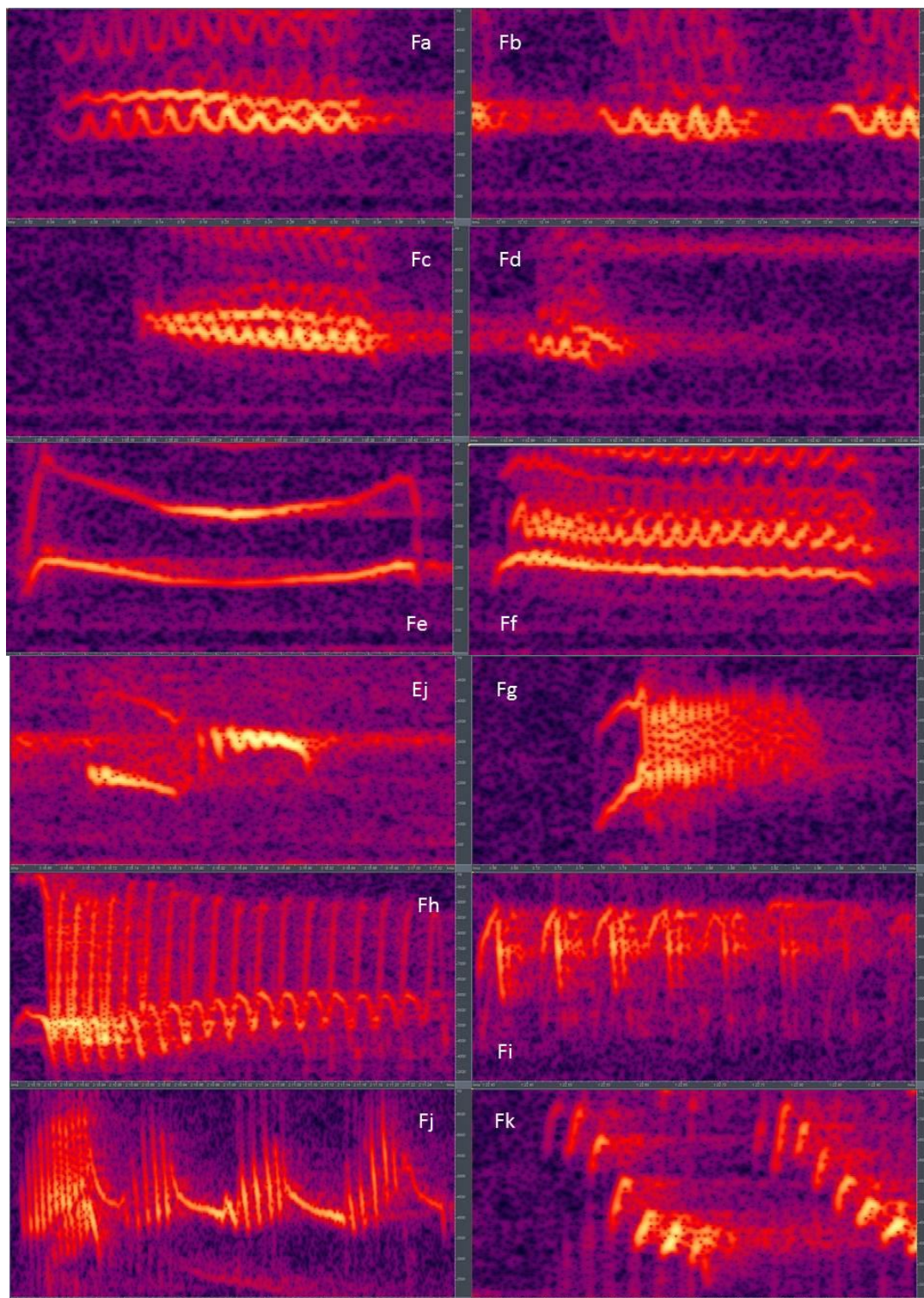


Figura 19. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

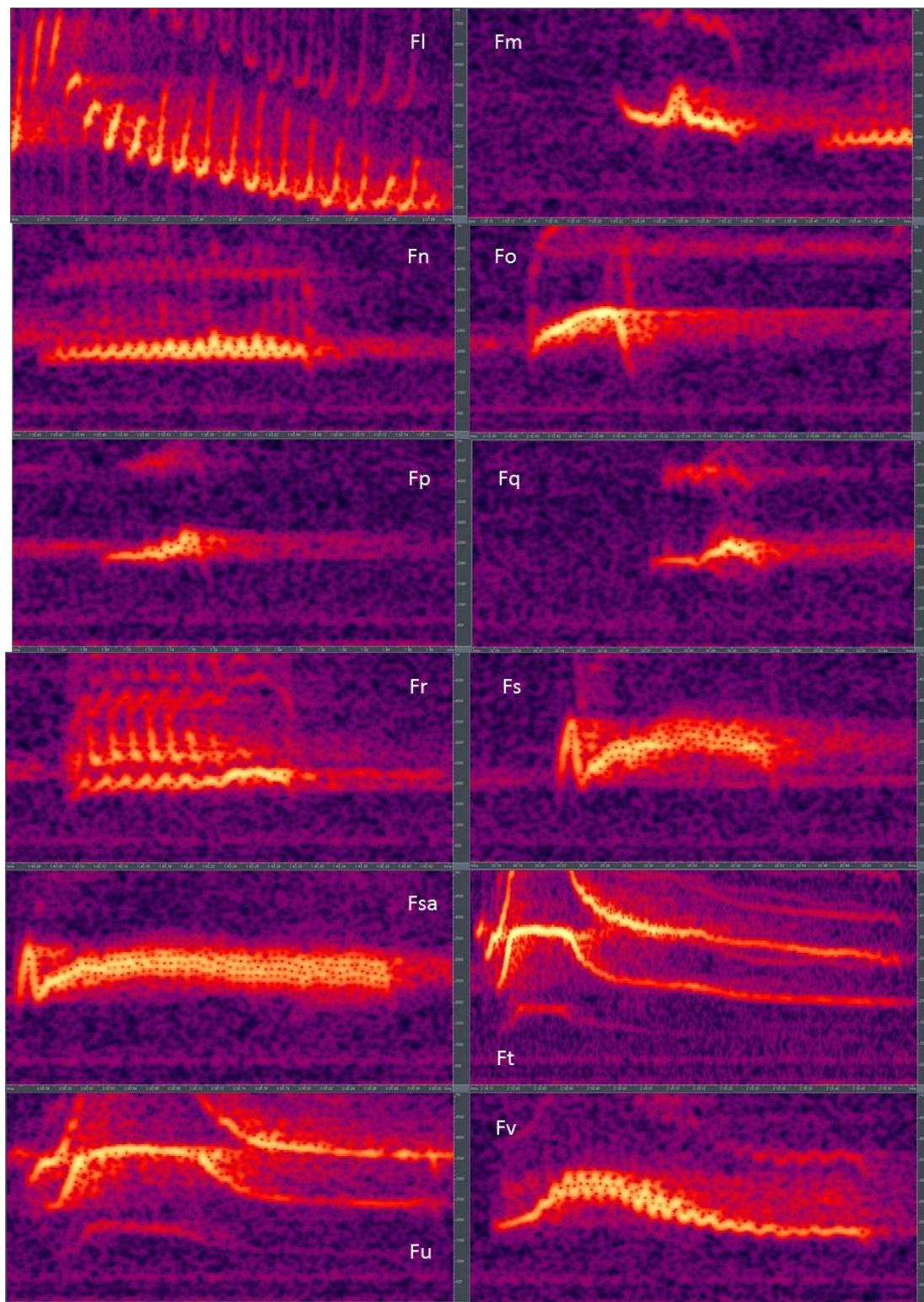


Figura 20. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

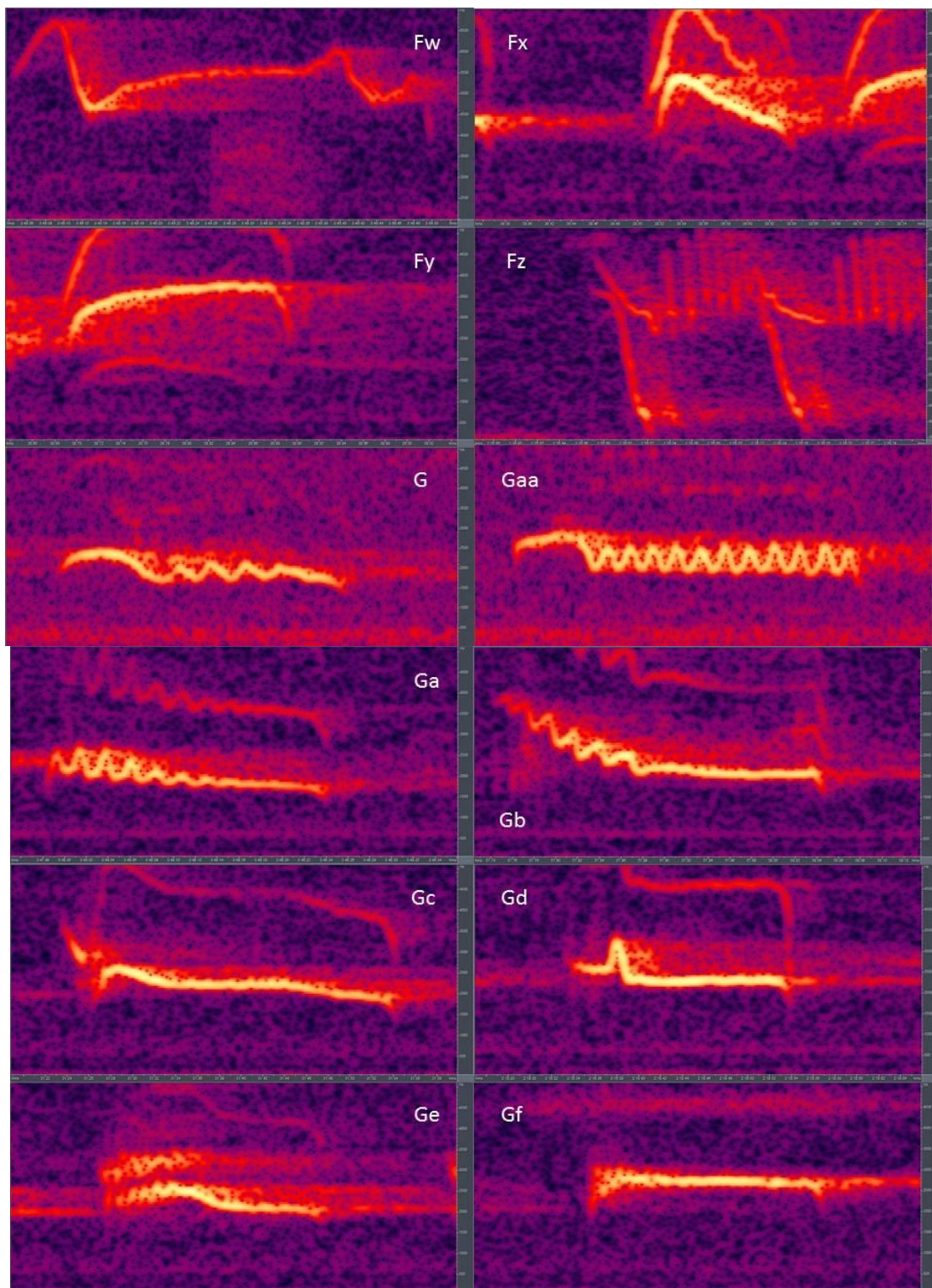


Figura 21. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

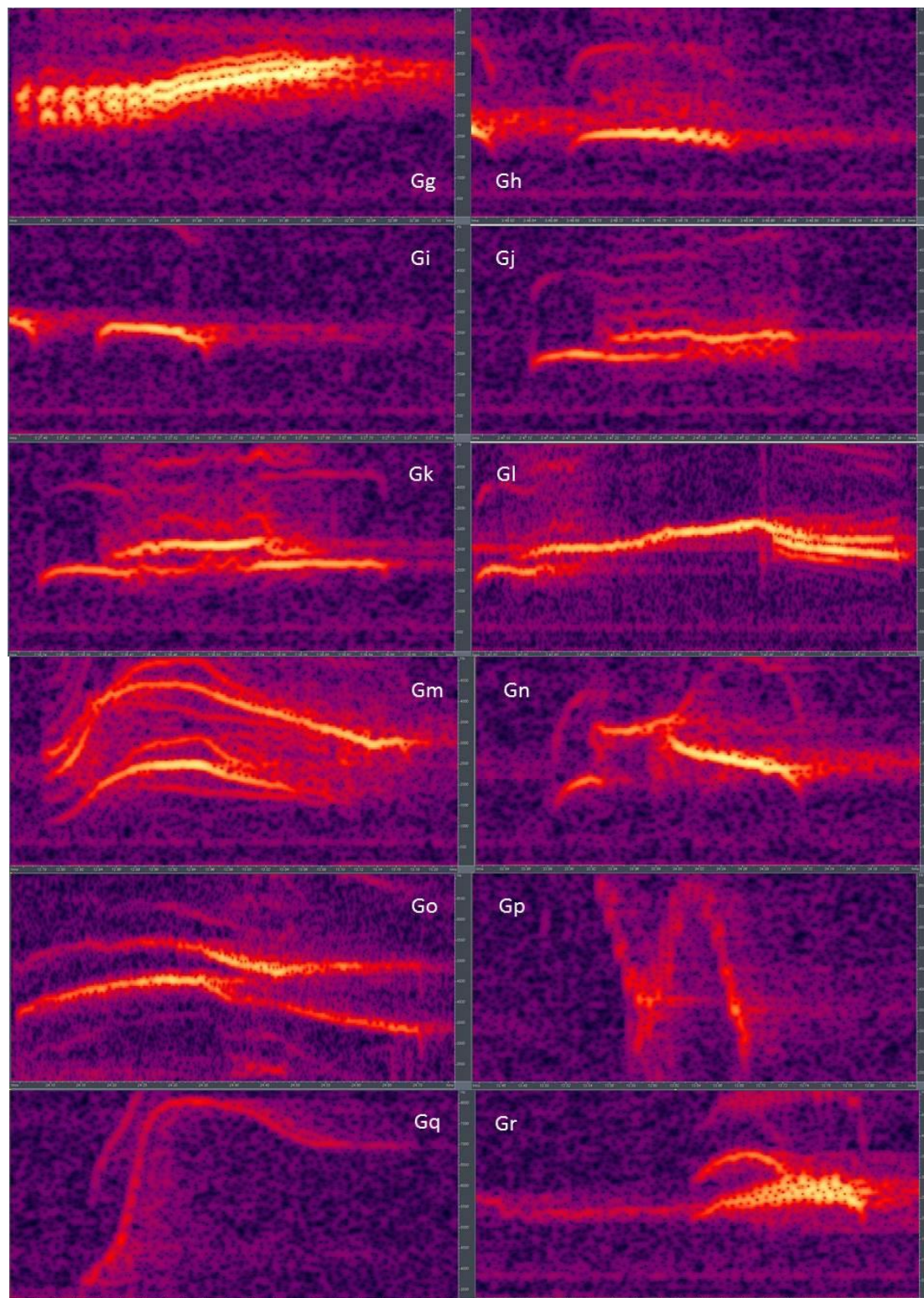


Figura 22. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

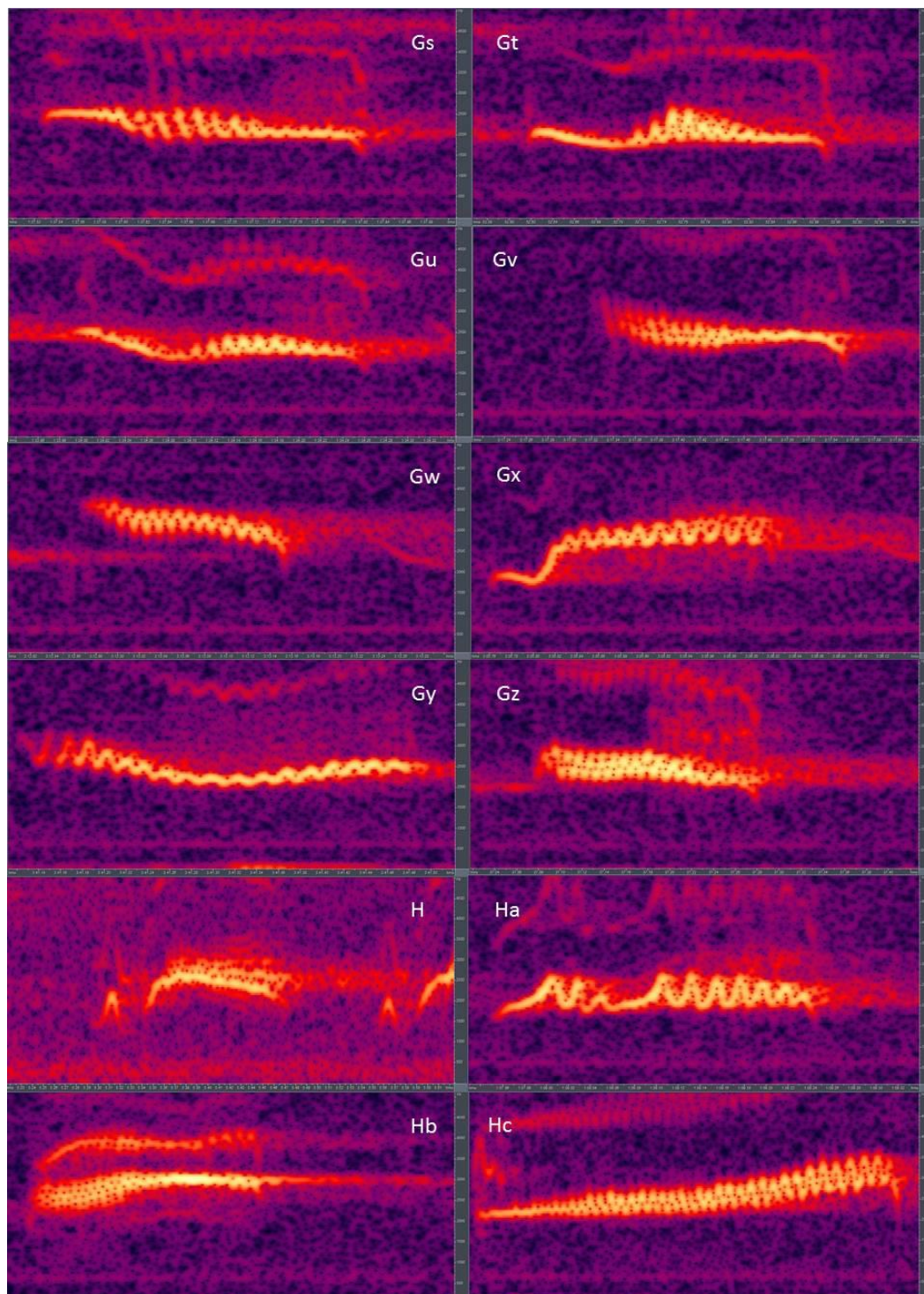


Figura 23. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

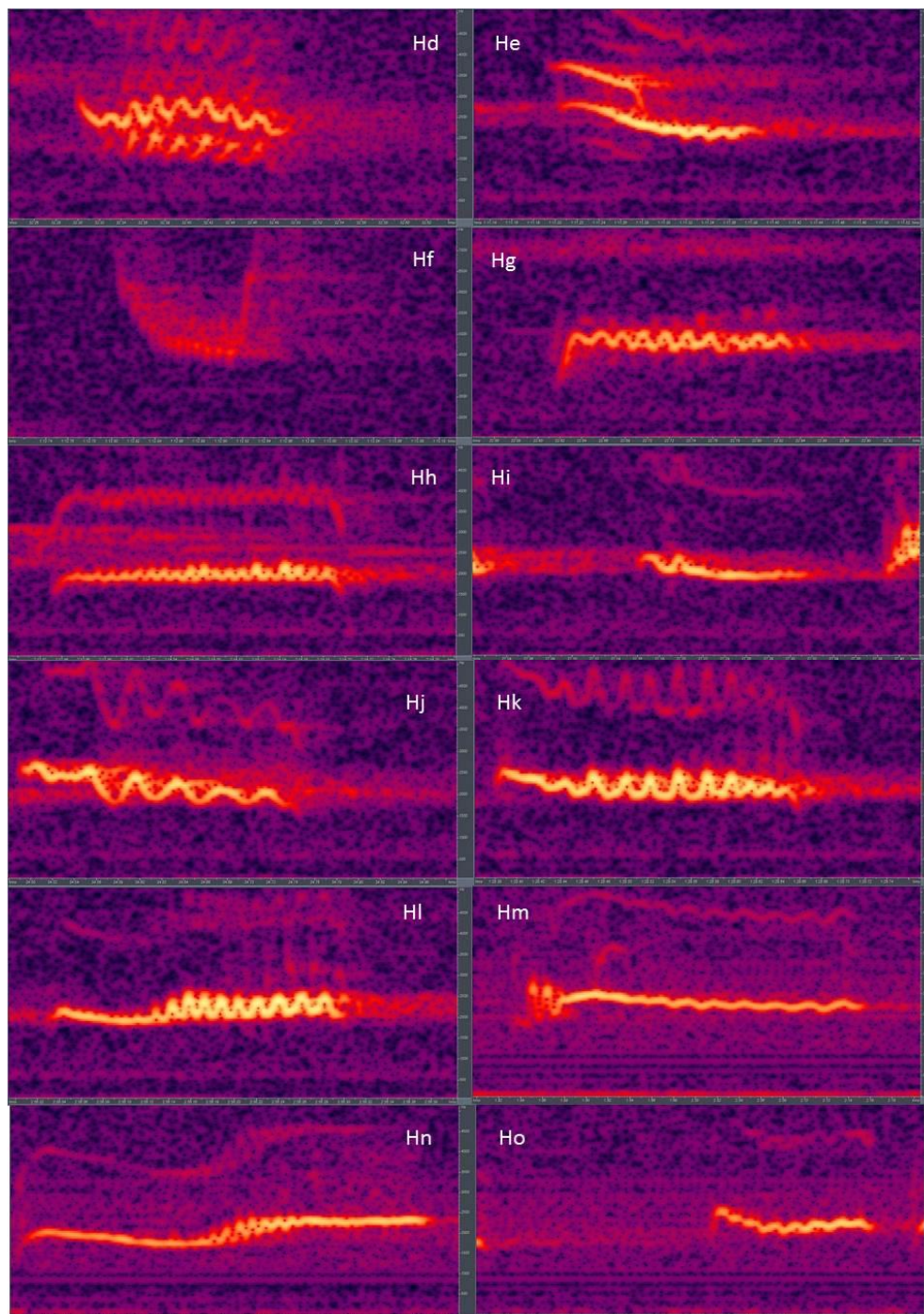


Figura 24. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

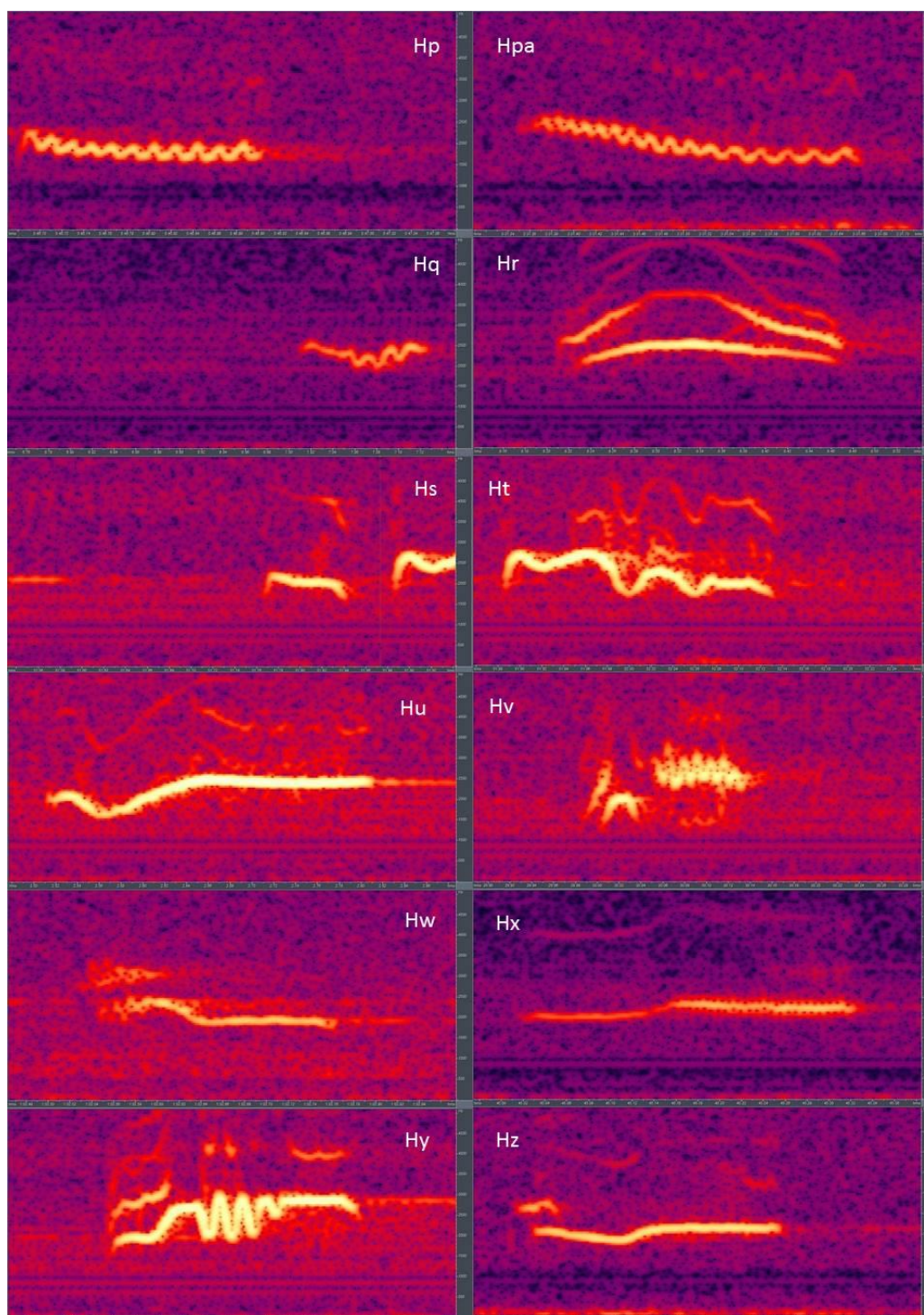


Figura 25. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

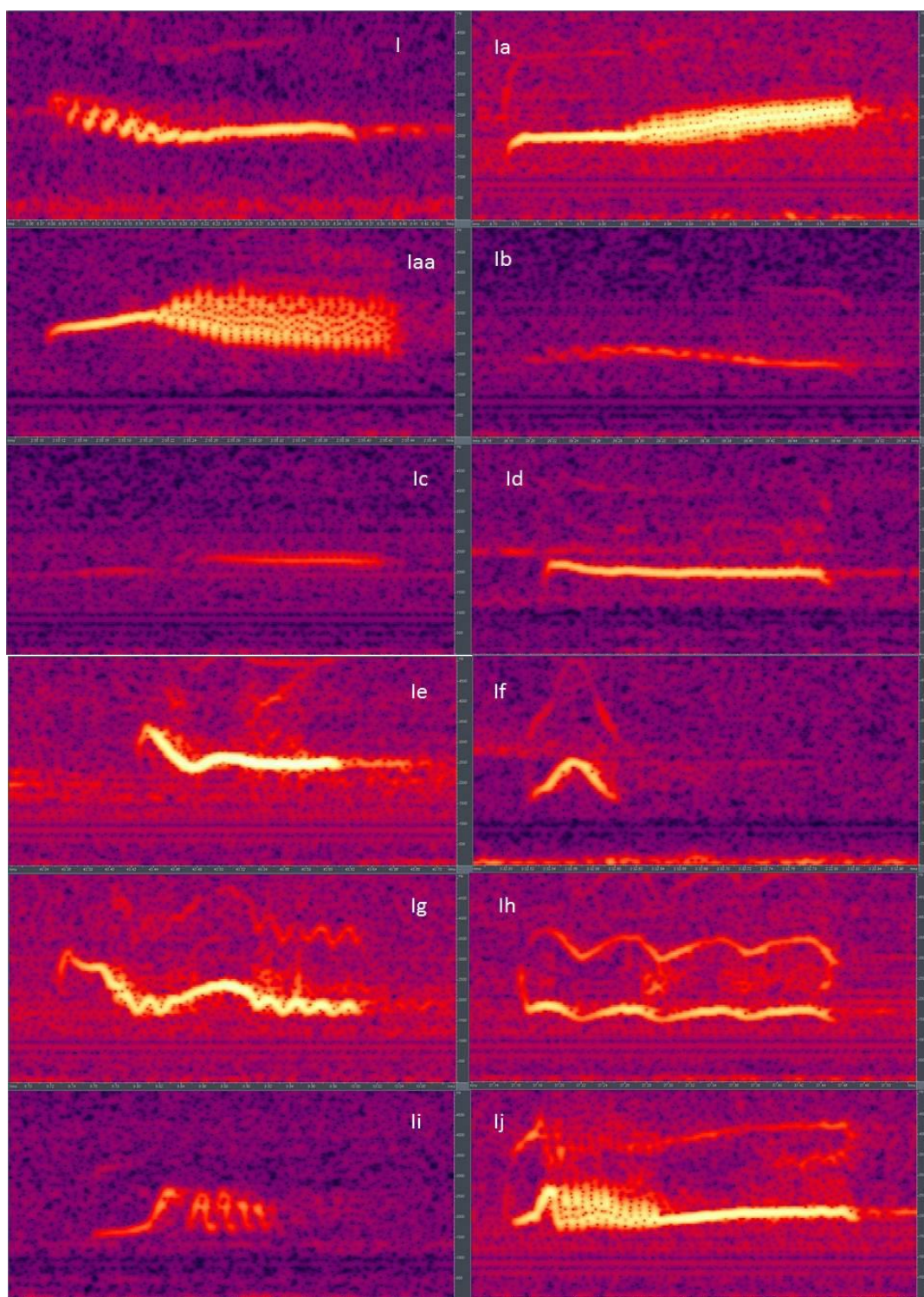


Figura 26. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

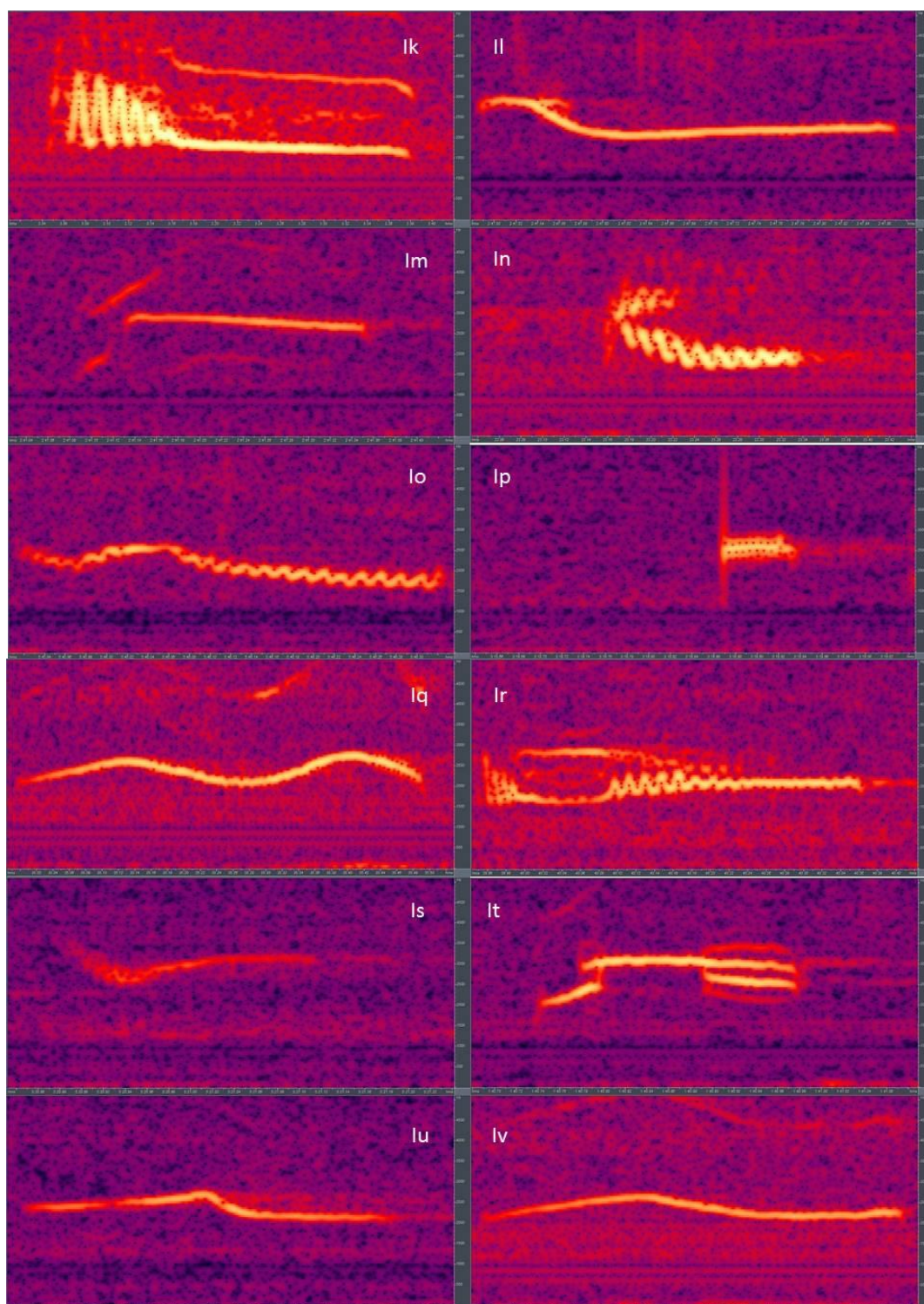


Figura 27. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

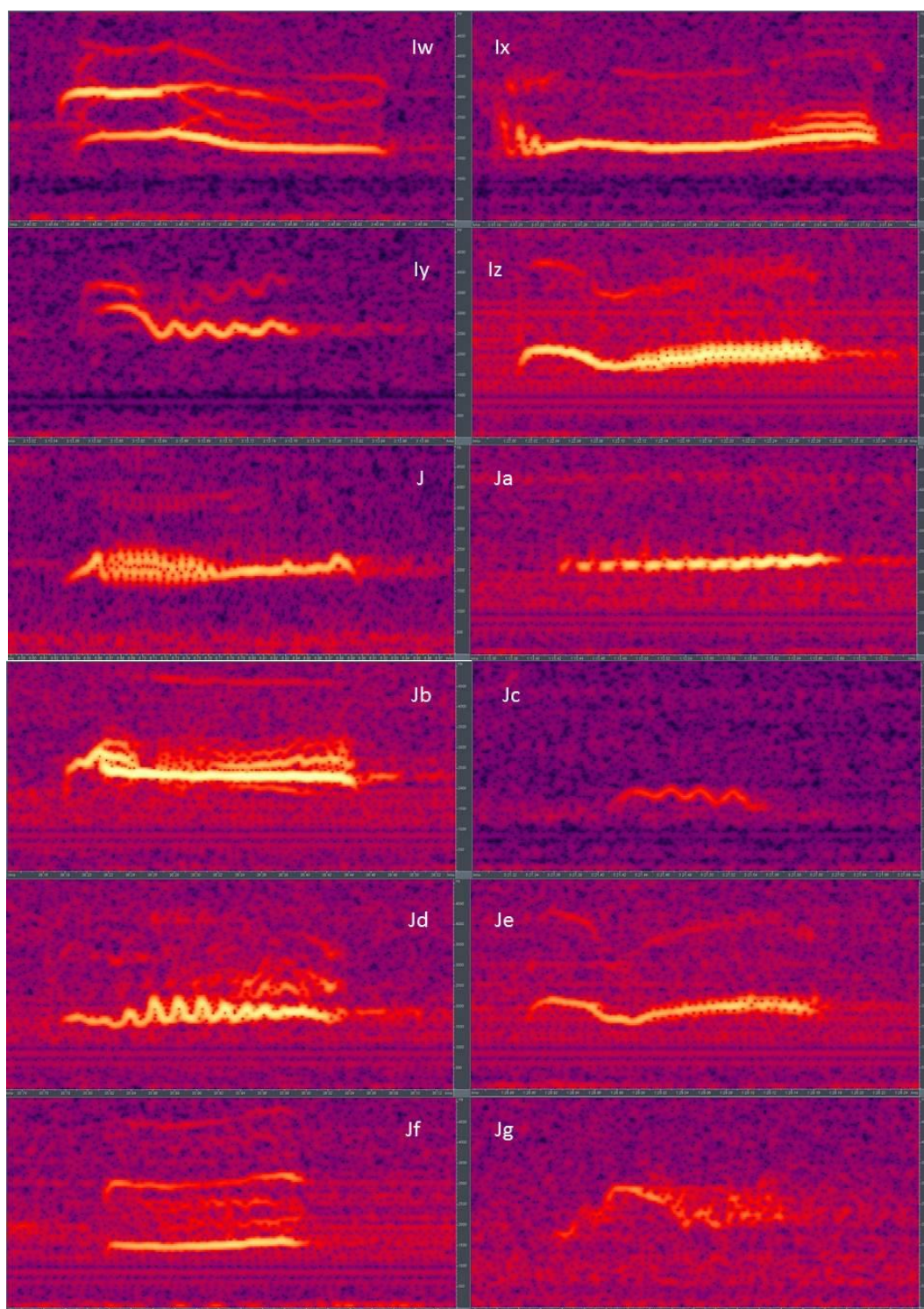


Figura 28. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

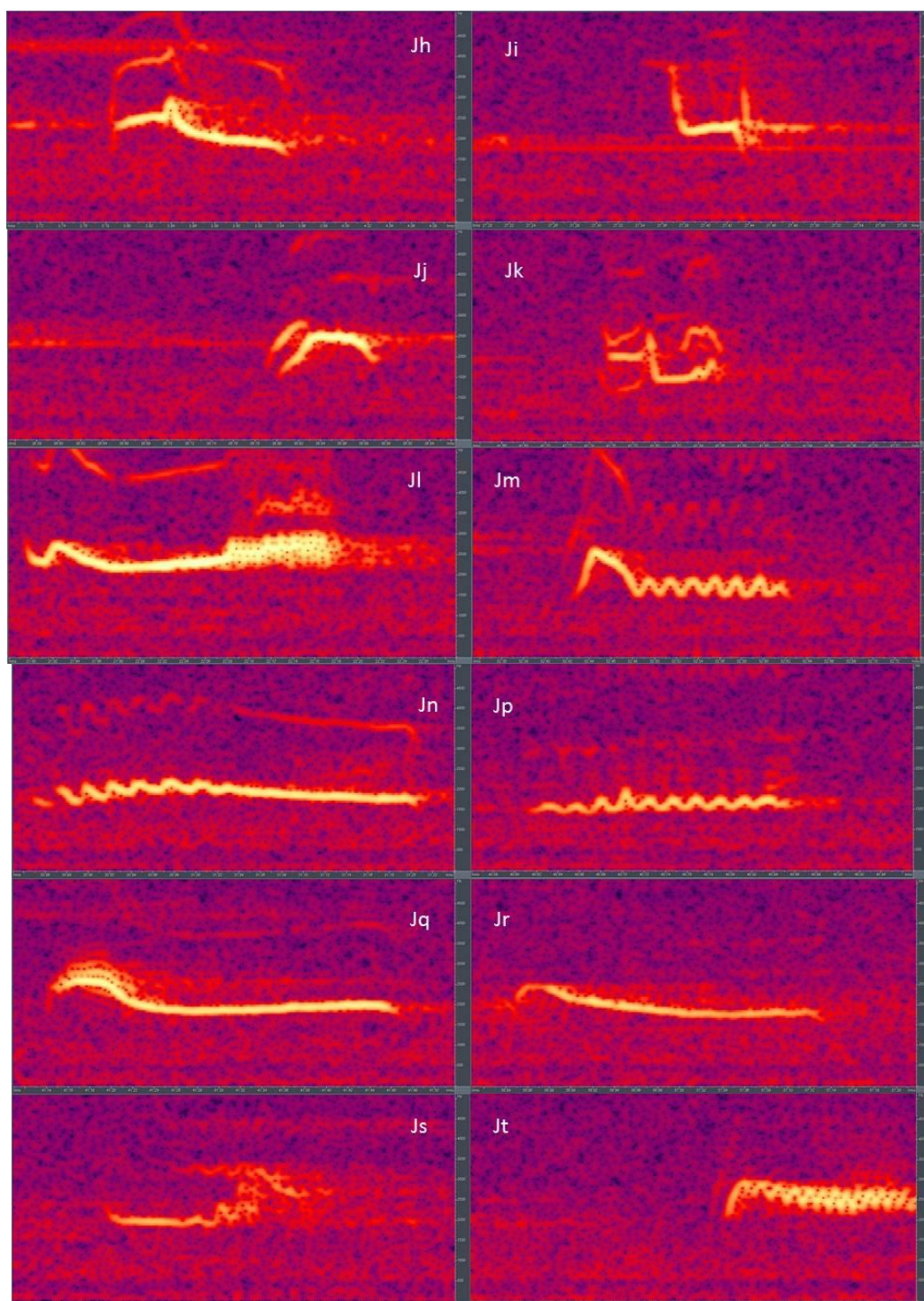


Figura 29. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

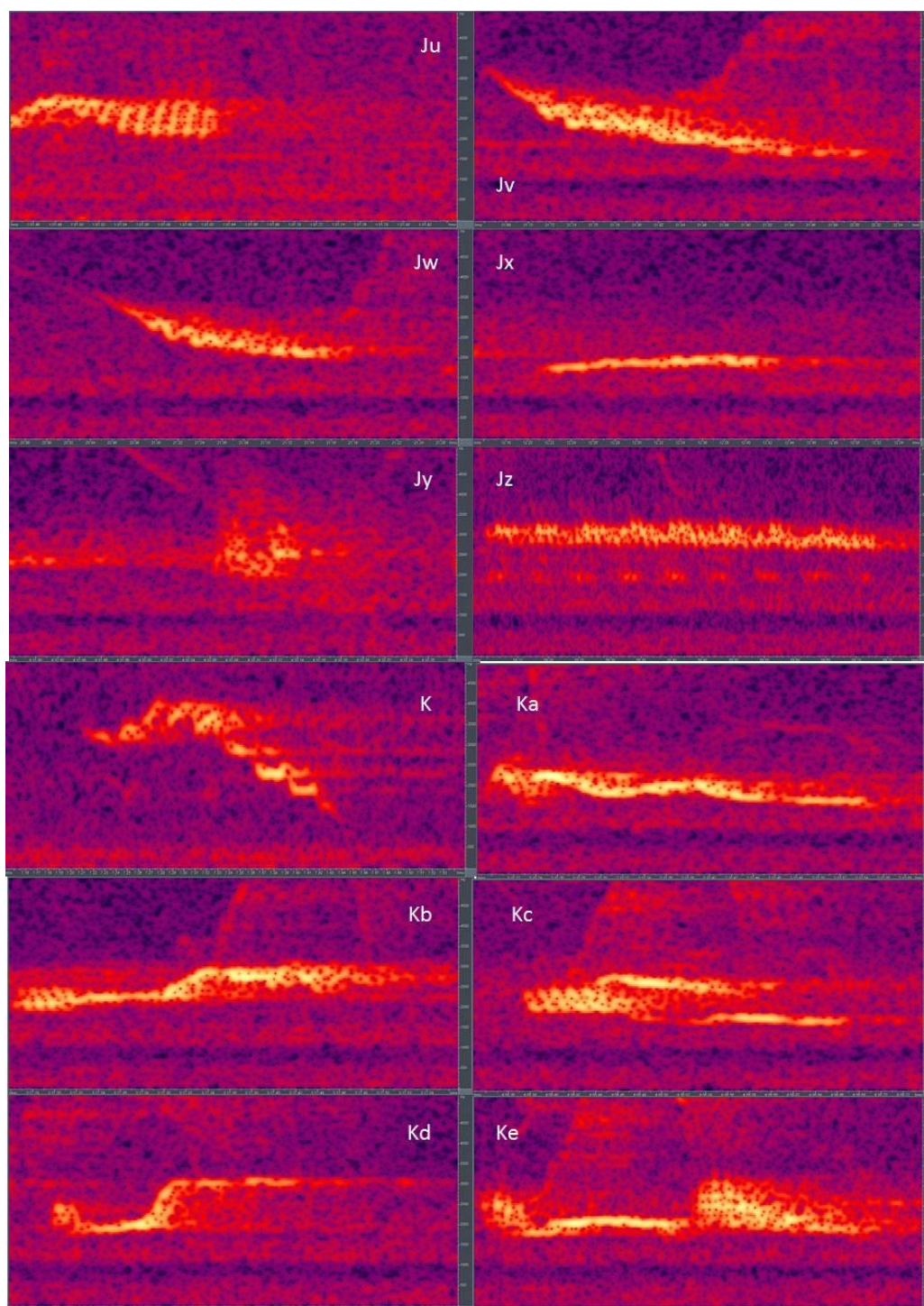


Figura 30. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

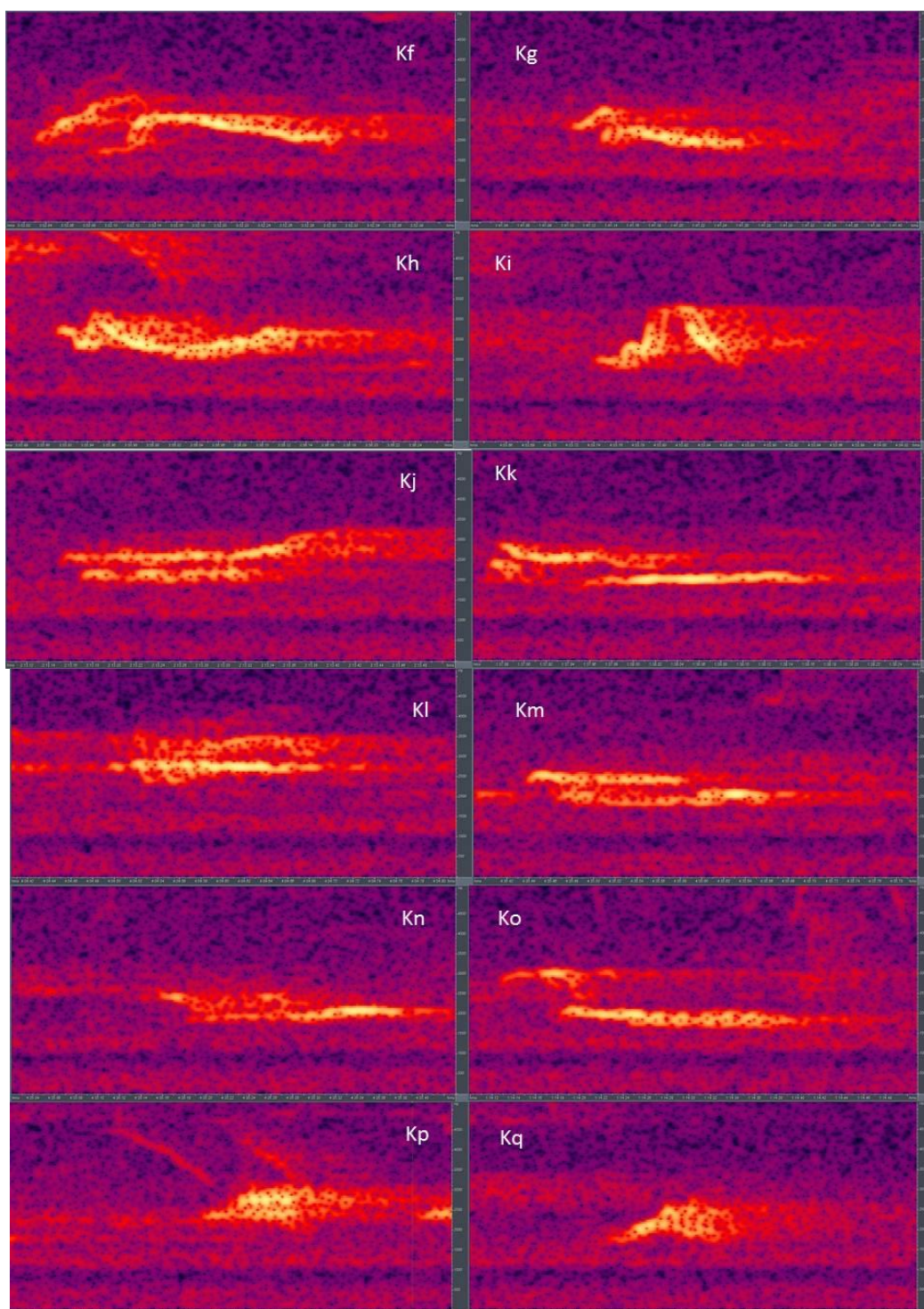


Figura 31. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

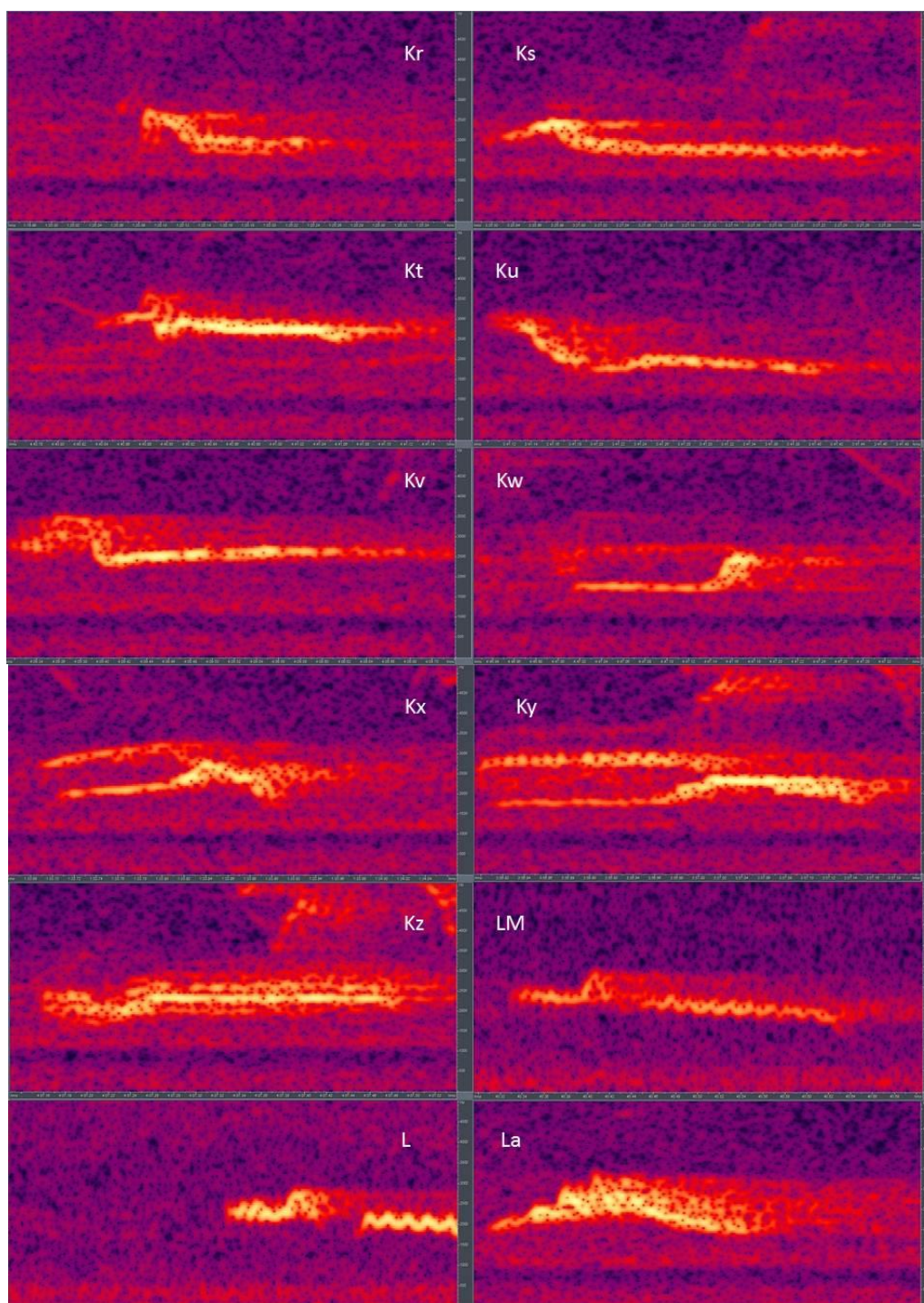


Figura 32. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

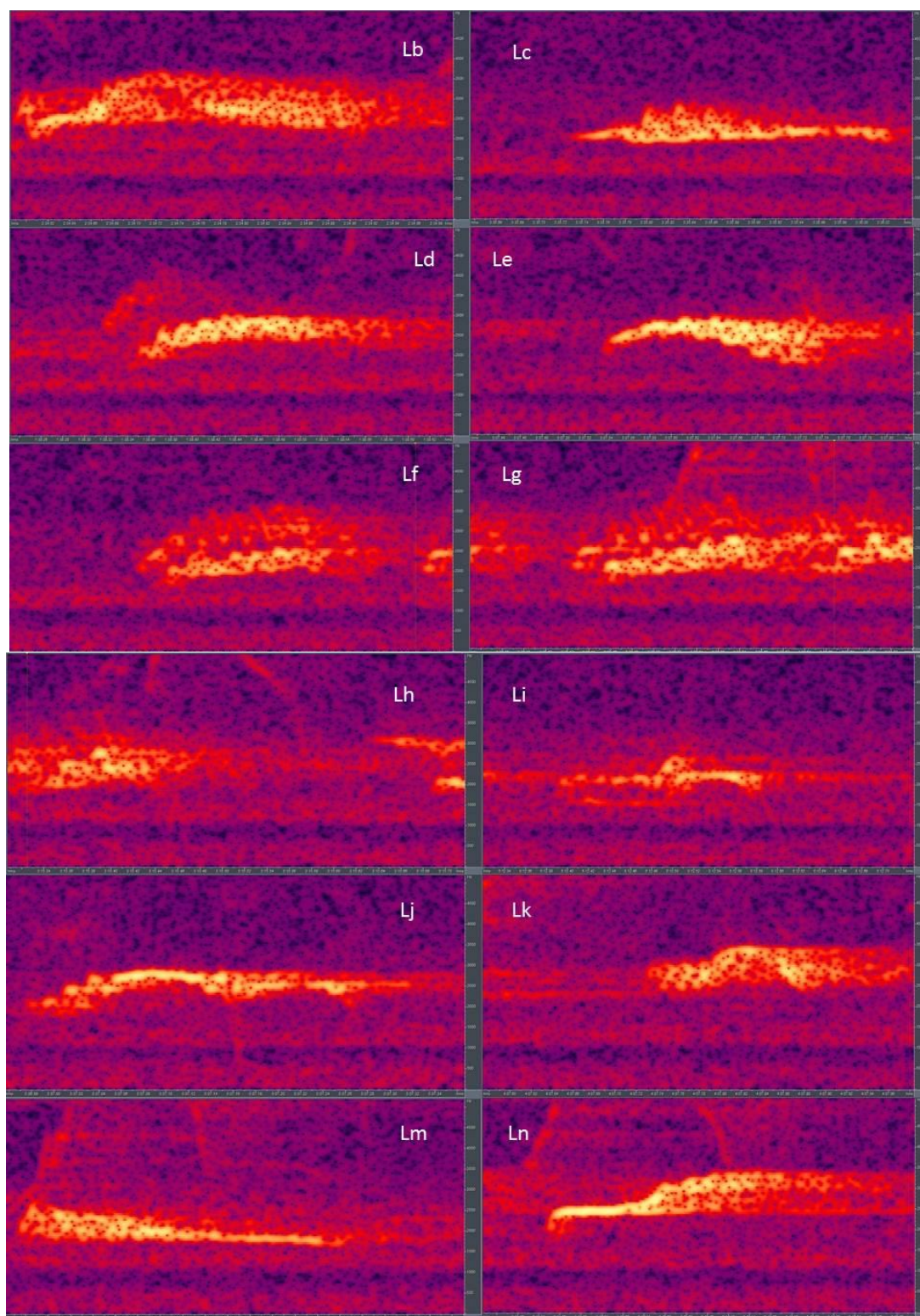


Figura 33. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

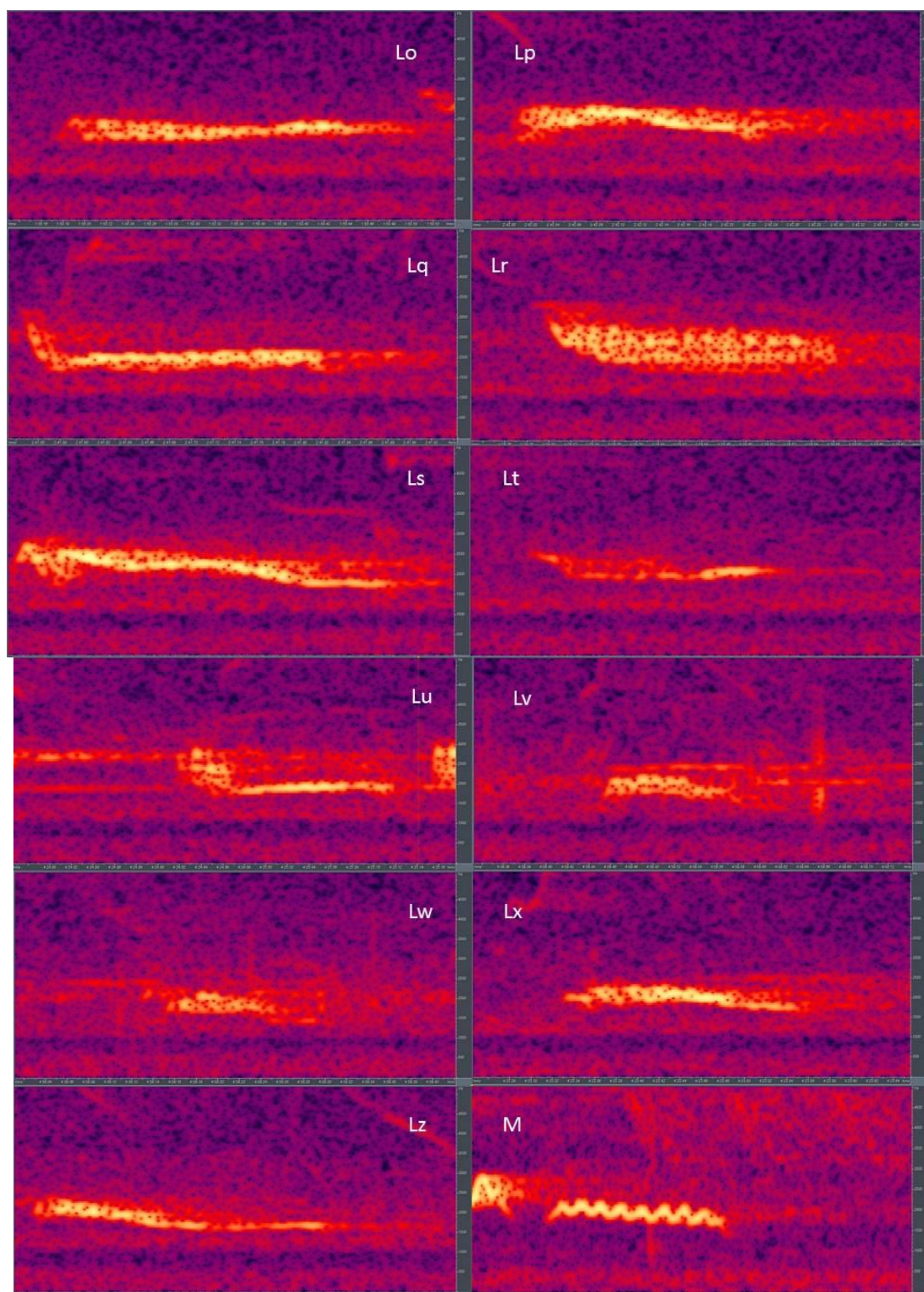


Figura 34. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

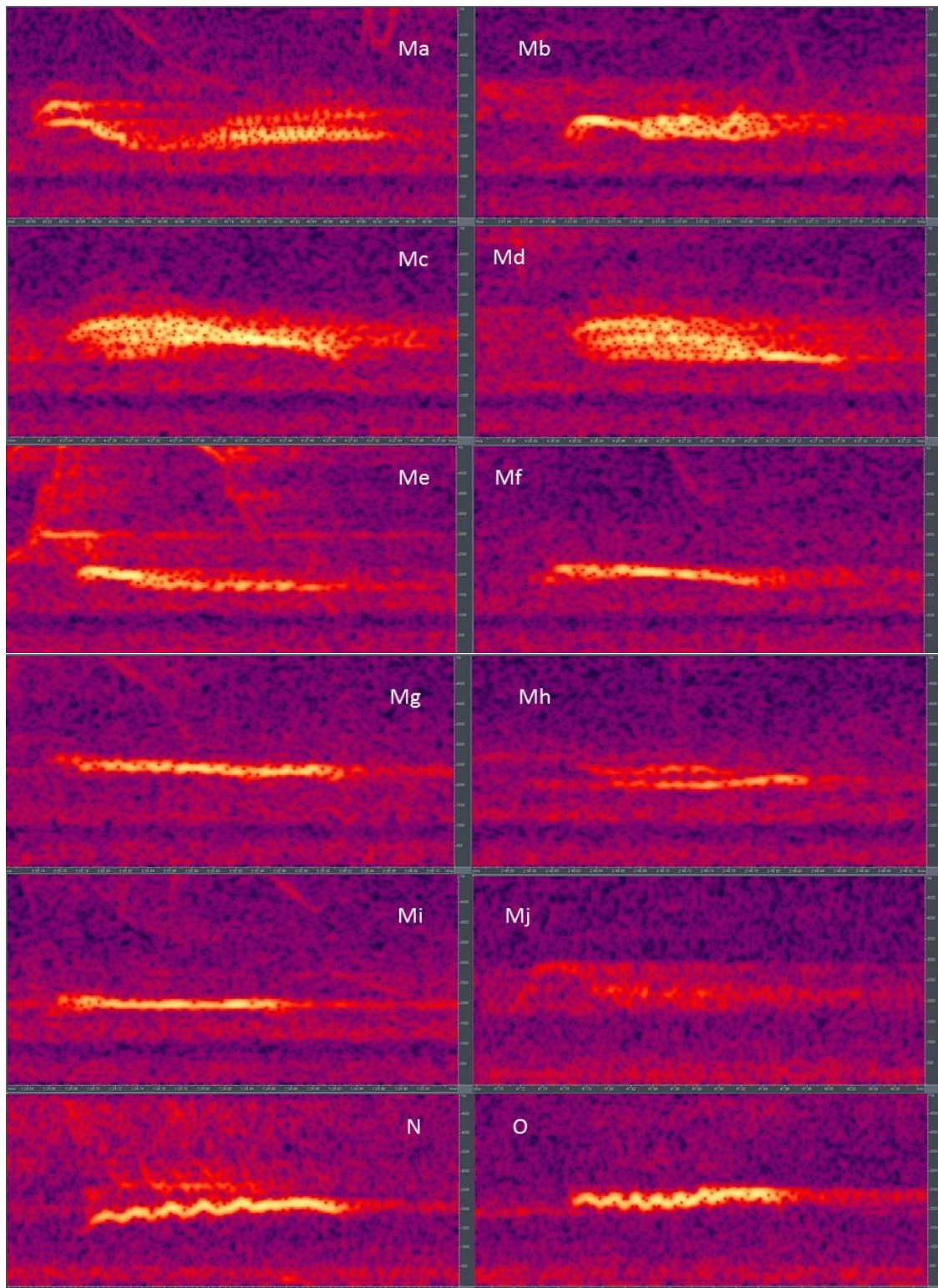


Figura 35. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.

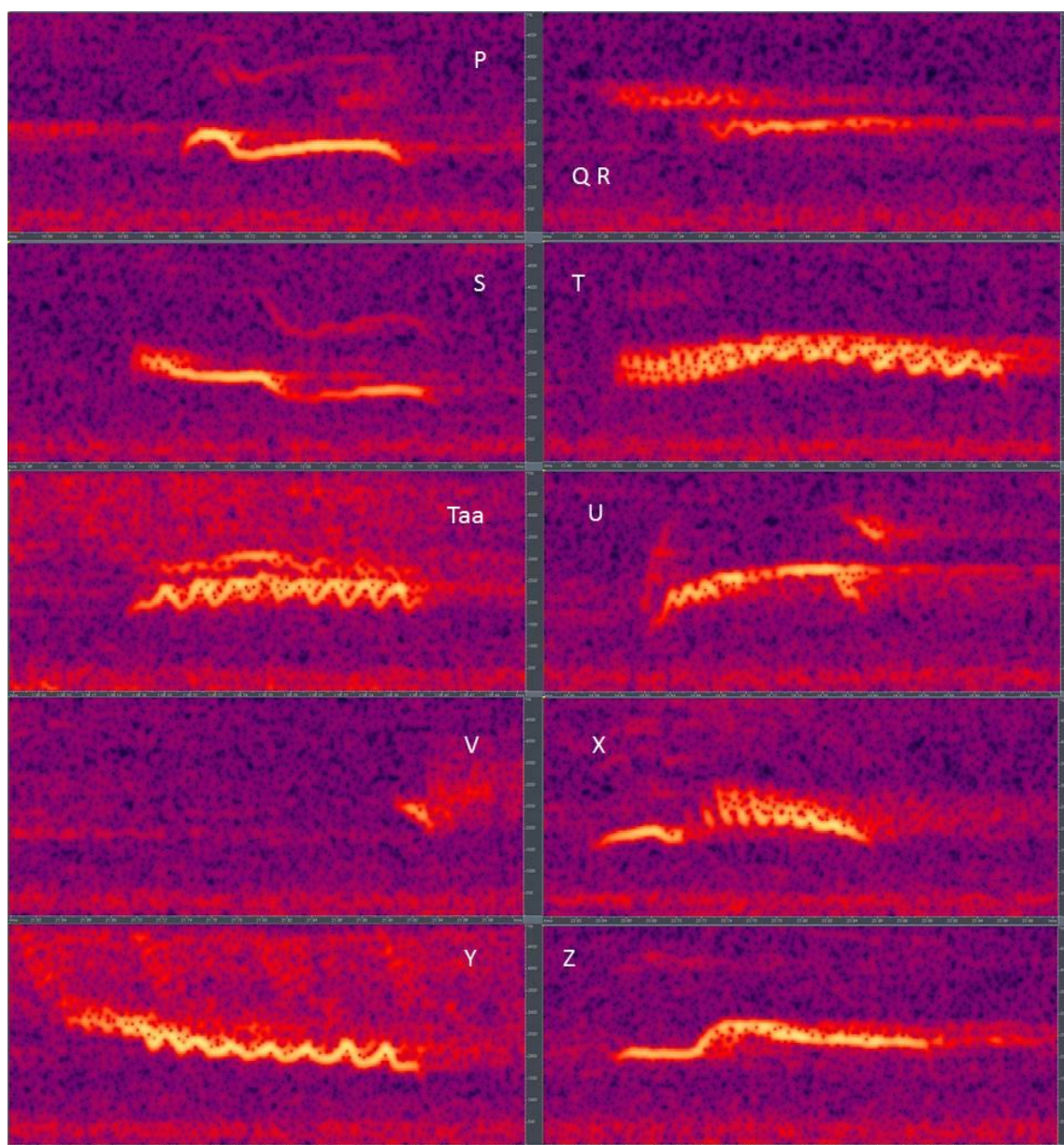


Figura 36. Algumas notas pertencentes ao repertório vocal de cinco indivíduos de *Turdus leucomelas*.